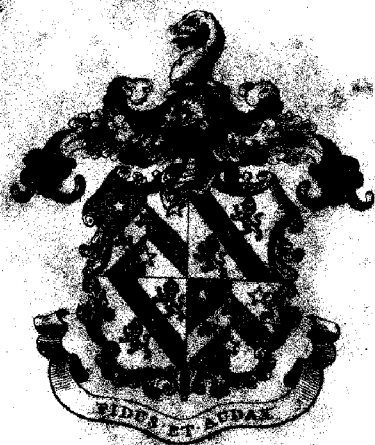


vol. III, 3861:



Rev. John Charles Martin.

ESSAI
SUR LA COMPOSITION
DES MACHINES.

DE L'IMPRIMERIE DE FAIN, RUE RACINE, PLACE DE L'ODÉON.

1914. 4017.

ESSAI SUR LA COMPOSITION DES MACHINES.

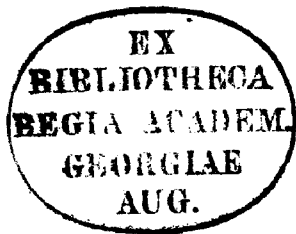
M. L. Bétancourt y. Holing.
PAR MM. LANZ ET BÉTANCOURT.

SECONDE ÉDITION,
REVUE, CORRIGÉE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

1 n. 12 pp. 30.

PARIS,
BACHELIER, LIBRAIRE, QUAI DES AUGUSTINS.

1819.



ERRATA.

Page.	Ligne.	Au lieu de :	Lisez :
16	1 en remontant,	<i>Hennerol</i>	<i>Hennert.</i>
28	1	indiquée	indiqué.
30	7 en remontant,	$\frac{Mu_2}{2}$	$\frac{Mu^2}{2}$
34	1 en remontant	mobile	mobiles.
37	23	de moulins	des moulins.
38	1	<i>Georgium</i>	<i>Gregorium.</i>
38	25	extérieur qui	extérieur et qui.
43	1 en remontant	de treuil	du treuil.
45	8	rochette	rochet.
56	29	proposé	proposée.
57	17	ne pourrait	ne pourraient.
69	26	qui tourne du	qui tourne autour du.
71	7	<i>q</i>	<i>q'</i>
72	3	soit <i>M</i>	soit <i>M</i> , fig. 4, pl. n°. 12.
79	8	<i>B</i>	β
80	1	(<i>L 7</i>)	(<i>L 7'</i>)
82	19	<i>b</i>	<i>b'</i>
88	15	<i>dg</i>	<i>eg</i>
88	16	<i>fg</i>	<i>fh</i>
118	7	de coup	coup de.
119	6 en remontant	et	ce.
119	24	vibrations	variations.
120	5	<i>Krieglisen</i>	<i>Kriegleissen.</i>
124	17	et de faire participer au rouage l'uniformité	et de rendre ainsi le rouage parti- cipant de l'uniformité.
133	5	position <i>hi</i>	position.
139	22, 27 et 31	l'écrou <i>M</i>	l'écrou <i>M'</i> .
149	19	la gauche <i>mm</i>	la droite <i>mm</i>
158	6 en remontant	<i>np</i>	<i>nr</i>
173	13	<i>p i'</i>	<i>p' t'</i>
175	8 en remontant	quantité	qualité.
178	15	s'en	en.

ESSAI

SUR LA COMPOSITION

DES MACHINES.

1. Aufl. 1908

LES mouvemens qu'on emploie dans les arts sont ou rectilignes, ou circulaires, ou déterminés d'après des courbes données; ils peuvent être continus ou alternatifs (de va-et-vient), et on peut, par conséquent, les combiner deux à deux de quinze manières différentes, ou de vingt-une, si l'on combine chacun de ces mouvemens avec lui-même. Toute machine a pour but de changer ou de communiquer un ou plusieurs de ces vingt-un mouvemens.

Nous avons fait un tableau (*planche A k 6*) composé de vingt-une suites de carrés horizontaux, dans lesquels nous avons placé tous les exemples de ces mouvemens que nous avons pu nous procurer. Les colonnes verticales sont marquées par des lettres, les horizontales par des chiffres, et on a indiqué par une lettre et un chiffre l'intersection de deux colonnes, l'une horizontale et l'autre verticale; par ce moyen, il devient aisé de trouver la place d'un carré déterminé. On a laissé des places vides destinées aux mouvemens échappés à notre mémoire, ou qui ne nous sont pas connus, ainsi qu'à ceux qu'on inventera après l'impression de cet ouvrage, que nous regardons comme un recueil général d'élémens de machines, que les savans et les artistes de tous les pays s'empresseront sans doute d'enrichir par leurs découvertes.

Pour donner une forme plus commode à notre tableau, en évitant l'effet désagréable que produirait un trop grand nombre de places vides, on a pris le parti de consacrer quelquefois deux colonnes

horizontales à un même numéro; et, dans ce cas, on a marqué d'un trait le chiffre qui indique la seconde. Quand nous n'avons pas trouvé la transformation immédiate d'un mouvement dans un autre, nous avons substitué à la colonne horizontale de petits carrés, une ligne d'écriture, indiquant les combinaisons auxiliaires du tableau, qui donnent la solution du problème.

Pour éviter des répétitions inutiles, nous avons consacré quelquefois le premier carré des colonnes horizontales, à un exposé très-court des mouvemens placés ailleurs dans le même tableau, qui peuvent aussi être placés dans la même colonne, soit dans l'état où ils se trouvent, ou en les modifiant par l'intermède d'un autre.

Chaque colonne horizontale sera l'objet d'un paragraphe désigné par le même numéro; on y annoncera le but qu'on s'est proposé; on donnera la solution générale des problèmes analogues à la transformation qu'on veut effectuer; on développera les cas particuliers ou les différens moyens d'exécution que nous connaissons, en indiquant les sources où nous aurons puisé ces connaissances; enfin on ajoutera des réflexions sur l'utilité de ces moyens, et sur les diverses machines auxquelles ils auront été appliqués.

Les figures du tableau général (*planche A k 6*) ont été dessinées d'après une plus grande échelle; chaque figure d'une planche est désignée par les signes qui fixent sa position dans le tableau général; elle est de plus accompagnée des lettres nécessaires pour l'intelligence du texte: cette même raison nous a obligés à ajouter d'autres figures, sous la dénomination d'*auxiliaires*, qui ne sont pas de nature à être placées dans le tableau général, et qui se trouvent consignées dans la planche n°. 12.

Le mouvement rectiligne continu avec une vitesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée, peut se changer en rectiligne continu avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

LES seuls moteurs dont l'action mécanique puisse être regardée comme agissant en ligne droite et continue, sont l'air (soit par son mouvement, son poids, son élasticité ou son expansion instantanée), l'eau (par son mouvement, son poids, sa réaction, comme dans la machine de Segner dont Euler s'est occupé dans les mémoires de Berlin, pour 1750, 1751 et 1754, ou par la force expansive de sa vapeur) (1), et la poudre à canon soit par l'explosion ou par la réaction comme dans les fusées.

Une corde sans fin, tournant autour de deux poulies fixes, donne

(1) On trouvera des exemples de l'expansion instantanée de l'air, produite par la combustion soit de la poudre, soit d'autres corps combustibles, et employée comme moteur, dans le *Répertoire des arts et manufactures*, imprimé à Londres, volume I, pag. 154, et dans le Recueil des ouvrages de *Jean de Haute-Feuille*, imprimé à Paris en 1694, dans un mémoire dont le titre est *Pendule perpétuelle ; la manière d'élever l'eau par le moyen de la poudre à canon*, etc. On voit que l'Académie des sciences s'occupait alors d'employer ce moteur pour élever les corps solides ; et, dans un télégraphe hydraulique proposé par l'auteur, on trouve, peut-être pour la première fois, l'idée de communiquer l'action d'une puissance à de grandes distances, par le moyen de l'eau renfermée dans de longs tuyaux. Dans le tome VI, page 100 du *Répertoire des arts et manufactures*, imprimé à Londres, on trouve un mémoire de *Bramah* sur cet objet.

Dans les Mémoires de la première classe de l'Institut, pour 1807, pag. 146, se trouve un rapport fait par MM. *Berthollet* et *Carnot*, sur une machine inventée par MM. *Niepcé*, et à laquelle ces derniers ont donné le nom de *Pyréolophore*, et ils y emploient pour moteur la dilatation instantanée de l'air produite par la combustion.

On trouvera aussi des exemples de la pression de l'eau ou de l'atmosphère, employée comme moteur, dans le tome XIII, pag. 209 ; des *Annales des arts et manufactures*, par M. *O'reylli*, où on donne la description de la machine de *Schemnitz* d'après *Jars* ; les améliorations proposées à la même machine par M. *Boswel* ; et la description de la machine de M. *Goodwin*.

aussi l'idée du mouvement rectiligne, qui n'est que le mouvement circulaire et continu d'un cercle dont le rayon est infini. La translation en ligne droite d'un corps, d'un point de l'espace dans un autre, soit par sa propre volonté, soit par l'action d'un moteur quelconque, est un cas particulier du mouvement que nous avons indiqué par la dénomination de *rectiligne continu*, et qui comprend les machines funiculaires, et celles qui agissent par le moyen des poulies de renvoi ou des mouffles.

Les mouvemens (B 1.) et (C 1.) (*planche 1*) présentent la solution des problèmes de ce genre le plus en usage; (D 1.), (E 1.), (F 1.), (G 1.), (H 1.), (K 1.), représentent le mouvement d'une ligne qui conserve toujours son parallélisme.

(A 1.) (*Tableau général.*) *Planche A k 6.*

Si on transforme le mouvement rectiligne en circulaire par les moyens indiqués dans le § III, ce même paragraphe donnera quelques solutions du problème.

(B 1.) (B 1. bis.) (*Plan et élévation.*) *Planche 1.*

PROBLÈME 1^{er}. Faire parcourir en ligne droite et avec une certaine vitesse, la distance ab au point a , tandis que le point c parcourt la distance cd avec la même vitesse, et réciproquement.

Ce problème peut se résoudre d'une manière générale, par le moyen d'une poulie de renvoi e (*fig. B 1*), ou de deux, si les deux points doivent se mouvoir dans des plans différens (*fig. B 1 bis*).

(C 1.)

PROBLÈME 2. C'est le même problème, mais avec la condition que le point c parcourt deux, trois, etc., fois moins d'espace que le point a .

On sait que l'on obtient aisément la solution générale de ce problème par le moyen des mouffles, et qu'ordinairement on a recours à cet artifice pour remuer de grandes masses. Ces moyens sont trop connus pour que nous nous y arrêtions plus long-temps; on en trouvera des exemples dignes de l'attention des mécaniciens, dans les

machines approuvées par l'Académie, dans l'ouvrage de *Sabaglia* et dans tous ceux qui traitent de la mâturation des vaisseaux.

(D 1.)

PROBLÈME. Faire mouvoir une ligne conservant son parallélisme.

Ce mouvement est très-connu. Dans presque tous les étuis de mathématiques, on trouve un petit instrument semblable, destiné à tracer des parallèles (1).

(E 1.)

On trouve aussi dans quelques étuis de mathématiques cet instrument, qui est plus commode que le précédent. M. *Ramsden* a fait l'application de ce mouvement à celui de l'alidade des planchettes (2).

(F 1.)

MÊME PROBLÈME. Les résolutions de ce problème que nous venons d'indiquer, ou ne sont pas susceptibles d'une grande exactitude, ou ne peuvent être employées qu'en petit. Dans les *Mull-Jennys*, on a cependant besoin de faire parcourir aux chariots qui portent les fuseaux, et dont la longueur est de six à neuf mètres, un espace de treize décimètres, en gardant toujours le plus parfait parallélisme. Après avoir épuisé les moyens les plus coûteux et les plus compliqués, les Anglais ont enfin résolu ce problème d'une manière très-simple et avec une exactitude qui surpasse tout ce qu'on pouvait attendre. Soit *B* le chariot monté sur quatre roues *aaaa*; sur ce chariot est placé un système de fuseaux qui reçoivent de la machine leur mouvement de rotation (par le moyen *G* 8; *Tableau*). Soit *d* le point auquel est appliquée la puissance qui doit mettre en mouvement le chariot *B*, lequel doit conserver le plus exact parallélisme, ce que la longueur du chariot semble rendre impossible, et ce qui néanmoins s'obtient parfaitement au moyen de deux cordes *nmpq* et *rstu*. Les extrémités *n* et *q*

(1) Voyez l'ouvrage de *Leupold* (Jacques), dont le titre est *Théâtre de l'Arithmétique et de la Géométrie*, imprimé en 1727; planche 12, fig. 4.

(2) Voyez le même ouvrage de *Leupold*; planche 12, fig. 6.

de la première sont attachées à deux points fixes, et passent par deux poulies sm , pt . De même, les extrémités r et u de la seconde sont attachées à deux autres points fixes r et u , et passent sur deux poulies placées sur le même axe que les premières; les points u , q et n , r doivent être situés de manière que les lignes uq et nr soient parfaitement parallèles, et les cordes également tendues: le chariot B , dans la position primitive, doit se trouver perpendiculaire aux lignes uq et nr .

Dans la pratique, on satisfait très-aisément à toutes ces conditions; et le résultat, ainsi que nous l'avons déjà dit, est ce que l'on peut concevoir de plus parfait.

(G 1.)

Ce même problème se trouve résolu par le mouvement d'une règle ab sur deux rouleaux cannelés c et d , placés près de ses extrémités; les rouleaux doivent être d'un égal diamètre, et leurs plans parfaitement parallèles: c'est par le seul frottement que la règle conserve son parallélisme; mais quand on a besoin de faire des applications où il faut de grands efforts, tels que ceux qu'exige le chariot qui porte le foret pour forer les pièces d'artillerie, les rouleaux doivent être dentés pour engrener dans des crémaillères de fer fixées sur de grosses pièces de bois. On ajoute quelquefois, au milieu de cette règle, un cadran qui sert à indiquer la marche de la règle par le moyen d'une aiguille: dans ce cas, on peut tracer des lignes parallèles dont les distances soient dans un rapport donné.

(H 1.)

Soit un coin A , qui peut glisser, suivant sa longueur, entre quatre piliers cd , ef , tandis qu'un autre coin B est arrêté par des goupilles, ou, ce qui vaut mieux, afin de diminuer les frottemens, par les rouleaux k , g , h , i , fixes dans le même coin, et qui touchent les piliers: il est clair que, si l'on pousse le coin A de f vers d , la ligne nm du coin B s'élèvera conservant son parallélisme.

Quoiqu'on voie l'application de ce mouvement dans quelques arts,

et particulièrement dans les pédales du forté-piano qui porte sourdine, nous croyons qu'il est susceptible d'applications plus générales. M. de *Bétancourt* fit en Angleterre une application qui eut un grand succès, pour lever le cylindre inférieur d'un grand laminoir : il est persuadé aussi que par ce moyen on peut diviser une ligne droite en autant de parties qu'on voudra, avec la même exactitude qu'on divise le cercle au moyen de la plate-forme.

Supposons que la force agisse toujours dans la direction fd de la base ab du coin A , et imaginons une règle lp perpendiculaire au plan incliné cb . L'extrémité l de cette règle est garnie d'une *roulette de friction*; elle s'appuie sur le plan incliné, et la règle glisse entre les deux petits ponts ou tenons o et q : il est évident que l'inclinaison du plan étant arbitraire, on peut transformer un mouvement rectiligne continu dans un autre aussi rectiligne continu qui formera avec le premier un angle donné; la vitesse du premier sera à celle du second comme le rayon est au $\sin. cba$. Si l'angle cba devient zéro, la règle lp restera immobile; c'est ce qui doit arriver quand on veut transformer le mouvement rectiligne dans un autre aussi rectiligne, mais dont la direction lui soit perpendiculaire. On obtiendra ce résultat avec le secours d'un second coin B comme nous venons de le voir; et, si on ajoute le troisième C qui fasse corps avec le second, on pourra changer à volonté la direction du mouvement, ainsi que le rapport des vitesses.

La ligne cb peut avoir une courbure arbitraire, et dans ce cas le mouvement rectiligne continu sera transformé en rectiligne alternatif, et cet élément de machine appartiendra au § II.

(I I.)

Belier hydraulique de M. *Montgolfier*. On trouve la description de cette machine dans le *Journal de l'École polytechnique*, cahier XIV; dans le *Journal des Mines*, nos. 48, 64 et 66; dans le *Repertory of Arts, etc.*, tom. IX; dans le *Journal de Physique*, fév. 1798, et dans le n°. 19 du *Bulletin de la Société d'encouragement*. On peut

aussi consulter le n°. 61 du même Bulletin, huitième année, juillet 1809, sur quelques perfectionnemens du belier hydraulique.

Le courant d'une rivière ou d'une chute d'eau, que nous avons regardé comme un moteur qui agit dans une direction constante et rectiligne, produit un mouvement alternatif dans une soupape; et celle-ci, secondée d'un réservoir d'air, donne un écoulement continu d'eau que nous avons aussi regardé comme mouvement rectiligne continu.

(K 1.)

C'est encore un des moyens qu'on emploie pour faire mouvoir une ligne conservant son parallélisme. Voy. dans l'ouvrage de Leupold déjà cité, la fig. 5, pl. XII. On le trouve souvent dans les étuis de mathématique, destiné à tracer des lignes parallèles.

(L 1.)

AB est une règle fendue longitudinalement de n à m ; un petit cylindre fixe c s'engage dans cette fente sans la traverser. CD est une règle qui peut glisser librement entre les deux petits ponts p et q ; elle porte une tige perpendiculaire EF , et d'un des points de cette tige plus ou moins éloigné de la règle CD , s'élève un autre cylindre a qui s'engage aussi dans la fente longitudinale nm de la règle AB , mais du côté opposé à celui par lequel entre le cylindre c , et de manière à ne pas se rencontrer quand les règles sont en mouvement.

Si on fait mouvoir la règle AB de manière que son point A parcoure la droite AG , parallèle à la règle CD , le point a parcourra dans le même temps la droite ab .

C'est ainsi que par le mouvement rectiligne continu ou alternatif du point A , on peut communiquer à la règle CD un mouvement de la même espèce avec le rapport de vitesse qu'on voudra, et même en sens contraire, plaçant convenablement le cylindre a dans la tige EF .

§ II.

Le mouvement rectiligne continu avec une vitesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée, peut se changer en rectiligne alternatif avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable, d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

On transformera le mouvement rectiligne en circulaire, par les moyens indiqués § III, et tous les exemples du § VII se placeront ici.

Ayant regardé une chute d'eau comme un mouvement rectiligne continu, si on suppose un vase qui reçoive cette eau, et qui se vide après par le moyen d'un siphon ; un flotteur renfermé dans le vase, montera et descendra alternativement : tel est le moteur qu'on trouve dans l'ouvrage dont le titre est *Utilissimo trattato dell' Aque corrente*; etc. dal Cavalier Carlo-Fontana. In Roma. M. DC. XCVI. — MM. Bossu et Solage ont fait l'application de ce moteur à un modèle de moulin à blé qui se trouve dans le conservatoire des machines ; mais au lieu d'un siphon, ils ont profité du mouvement de la tige du flotteur pour ouvrir et fermer les soupapes par où l'eau s'introduit dans le vase et s'échappe ensuite. Nous n'avons pu nous rendre compte des motifs qui ont décidé ces mécaniciens distingués à transformer le mouvement alternatif rectiligne de la tige du flotteur en circulaire alternatif, et ensuite en circulaire continu, au lieu de se passer d'un intermède inutile, qui fait perdre à la puissance plus de la moitié de son effet (1).

Les pompes à feu, où la vapeur de l'eau peut aussi être regardée comme une puissance qui agit toujours dans une direction rectiligne,

(1) On emploie le mouvement d'un flotteur pour conserver le niveau de l'eau, soit dans les chaudières des pompes à feu, ou dans des réservoirs, entre des limites déterminées. Dans l'*Architecture hydraulique* de M. de Prony, II^e. vol., on trouve la description d'un moyen de régler la vitesse d'une machine à vapeur, inventée par M. de Bétancourt, par le moyen d'un flotteur muni d'un siphon.

et produit le mouvement alternatif du piston; celles à eau, qu'on trouve dans quelques mines de Hongrie, et dans lesquelles une colonne d'eau agit et produit les mêmes effets que la vapeur dans les précédentes; celles dans lesquelles on emploie comme moteur l'expansion instantanée de l'air, produite par la combustion: toutes ces machines doivent trouver leur place ici, quoique d'une manière indirecte. Mais comme cette transformation du mouvement rectiligne continu du moteur en rectiligne alternatif du piston, exige des moyens plus ou moins compliqués, on doit les regarder plutôt comme machines que comme simples transformations élémentaires; c'est pourquoi nous avons cru qu'il suffisait de les indiquer.

Le mouvement alternatif produit par tous les corps soumis à des degrés variables de température, et particulièrement par les métaux, peut être regardé comme un des moteurs le plus énergiques; il contrarie souvent les vues des artistes, exerce leur patience et met à l'épreuve leur sagacité; mais ils ont trouvé des moyens pour se garantir, quand il le faut, de ses effets nuisibles, et pour en profiter avec succès dans certaines circonstances. En effet, on connaît les différens artifices employés pour neutraliser l'action de ce moteur dans les machines destinées à la mesure du temps (1), et l'inconcevable précision avec laquelle on peut mesurer aujourd'hui les bases trigonométriques, en faisant usage des règles métalliques de M. Borda (2). Entre les thermomètres fondés sur cette propriété des corps celui de M. Brequet mérite une place distinguée. On profite aussi de ce mouvement alternatif pour régler le tirage des fourneaux (3). M. Molard en a fait

Dans l'Art du distillateur des eaux-de-vie et des esprits, par M. Le Normand, on trouve la description du régulateur de M. Solimani, destiné à conserver à une température donnée, l'eau contenue dans un récipient, par le moyen d'un aréomètre faisant les fonctions de flotteur, que nous croyons susceptible de beaucoup d'applications utiles dans les arts.

(1) Consulter tous les ouvrages d'horlogerie.

(2) Delambre. *Base du système métrique*.

(3) Bulletin de la société d'encouragement, n°. 48, juin 1808.

une très-belle application dans le redressement de deux murs d'une des galeries du Conservatoire des machines (1).

(A 2.) (2).

Machine à colonne oscillante de M. le marquis Mannoury d'Ectot.

Cette machine se réduit à deux tuyaux cylindriques *A* et *B*, dont les axes se trouvent dans la même direction verticale; ils sont séparés l'un de l'autre par un intervalle tel qu'il doit remplir la condition que nous indiquerons tout-à-l'heure. L'extrémité supérieure du tuyau *A* est fermée par une plaque dans laquelle on a percé un orifice circulaire *dd* qui répond à celui du tuyau *B*. *C* est un diaphragme circulaire dont le diamètre est plus petit que celui de l'orifice *dd*; il est placé un peu au-dessous de ce même orifice. Voici maintenant le jeu de la machine, d'après les renseignemens qui nous ont été donnés par l'auteur.

L'eau d'un réservoir arrive par le tuyau *A* et tend à sortir par l'orifice annulaire formé par le diaphragme *C* et les bords de l'orifice circulaire *dd*, avec la vitesse due à la charge d'une colonne d'eau d'une hauteur constante et égale, par exemple à *h*; la disposition de l'orifice annulaire par lequel l'eau doit sortir, augmente les effets de la contraction ordinaire de la veine fluide, et forme un cône dont le sommet doit rentrer d'une certaine quantité dans le tuyau *B*, ce qui détermine la distance qui doit séparer les deux tuyaux *A* et *B*. Sur le diaphragme se formera un petit cône *f* d'eau stationnaire. L'eau s'élance dans le tuyau *B* et remonte à une hauteur égale à $\frac{2}{3}h$ si le tuyau est cylindrique, mais s'il est conique elle s'élève à des hauteurs plus grandes et variables en raison des élémens du cône; arrivée à son maximum d'élévation, elle descend, s'introduit dans le cône d'eau stationnaire *f*, fait diverger la veine fluide, et l'oblige à jaillir en dehors en nappe paraboloidique, par l'intervalle qui sépare les deux tuyaux, jusqu'à ce que le

(1) Borgnis. *Traité du mouvement des fardeaux*.

(2) Cette machine, intéressante sous tous les rapports, appartient à ce paragraphe; mais comme notre planche générale n'offre qu'une ligne horizontale trop étroite, il nous été impossible de l'y placer.

tuyau *B* se trouve entièrement vide ; les directions du jet d'eau se redressent, alors la contraction de la veine a lieu, et le premier effet recommence ; ce mouvement alternatif a lieu par des intervalles de temps parfaitement égaux entre eux. Sans le diaphragme *C* la machine ne produit aucun effet.

M. le marquis de *Mannoury* espère pouvoir rendre ce mouvement rectiligne alternatif de l'eau, susceptible d'être appliqué avec succès comme moteur, et la machine elle-même préférable à une grande partie de celles que l'on emploie généralement pour élever l'eau. Cet habile mécanicien publiera bientôt un ouvrage dans lequel il fera connaître toutes les belles machines de son invention.

M. *Carnot*, dans son rapport fait à l'Institut, le 28 décembre 1812, sur diverses machines hydrauliques présentées par M. *Mannoury*, dit : « Le problème général que s'est proposé M. *Mannoury* est celui-ci : *une chute d'eau étant donnée, élever une portion de ce fluide au-dessus du réservoir par le moyen d'une machine dont toutes les parties soient absolument fixes*, et qui par conséquent ne renferme ni leviers, ni roues, ni pistons, ni soupapes, ni autres parties quelconques mobiles. »

Il fait sentir toute la nouveauté de cette annonce, rend compte des trois moyens principaux employés avec le plus grand succès par l'auteur pour le résoudre ; en parlant de la colonne oscillante, il dit : « C'est aussi de ces trois moyens principaux celui qui nous a paru le plus nouveau, parce que nous ne connaissons rien qui ait pu en suggérer l'idée fondamentale. » Il explique le phénomène du mouvement de l'eau dans cette machine par le principe des forces vives, et il termine son rapport par les éloges dus à la sagacité et aux connaissances de l'auteur.

§ III.

Le mouvement rectiligne continu, avec une vitesse uniforme ou variable d'après une loi donnée, peut être changé en circulaire continu avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

La machine à réaction de *Segner* résout directement ce problème ; et la machine à force centrifuge de *Mour*, dont *Euler* s'est occupé dans les mémoires de Berlin pour 1751, donne la solution du problème inverse ; elles appartiennent donc l'une et l'autre à ce paragraphe.

(A 3.)

Un cylindre tournant sur son axe, et une corde qui enveloppe sa surface, donnent la solution générale de ce problème et de celui qui lui est réciproque. Ce moyen est assez connu pour nous dispenser d'entrer dans des détails.

(B 3.)

On a substitué à la corde employée dans le mouvement qui précède, une chaîne sans fin, garnie de dents qui s'engrènent dans une roue dentée qui fait corps avec le cylindre.

(C 3.)

Une vis avec son écrou.

Si l'écrou est fixe et que la vis tourne, la vis aura un mouvement composé de rotation et de translation en ligne droite : c'est ainsi qu'on l'emploie dans les arts pour pénétrer les corps durs, pour les réunir entre eux, pour soulever des fardeaux très-pesans, et dans quelques outils d'horlogerie, tels que les *fraises*. On place l'axe de la fraise de manière que ses extrémités soient soutenues, ou immédiatement par deux vis dont les écrous sont taraudés dans les *poupées* du tour, et par ce moyen tournant les deux vis à la fois en sens opposés, on

communiqué à la fraise le mouvement rectiligne dont on a souvent besoin ; ou , ce qui est encore préférable , on le soutient par deux cylindres d'acier qui traversent les poupées , et on place à côté les deux vis dont les écrous sont aussi taraudés dans les mêmes poupées : dans ce cas , les têtes des vis sont assez larges pour s'appuyer contre les extrémités des deux cylindres qui soutiennent l'axe de la fraise , et , en les tournant en sens opposés , agissent sur les cylindres et communiquent à la fraise un mouvement de translation qui est plus doux que celui qu'on obtient dans le cas précédent.

Si c'est la vis qui tourne sans pouvoir changer de place , il faut que l'écrou ne puisse tourner , mais qu'il ait la liberté de se mouvoir dans la direction de la vis , et dans ce cas , les deux mouvemens circulaire et rectiligne se trouvent partagés ; le problème se trouve résolu directement , puisque c'est le mouvement circulaire qui est transformé en rectiligne. Il est vrai que le mouvement rectiligne imprimé à l'écrou produirait aussi un mouvement de rotation dans la vis , et par conséquent l'inverse du problème a lieu ; mais on l'emploie très-rarement , à cause de son grand frottement.

On a souvent besoin d'arrêter la vis à son écrou , de manière à ce qu'on ne puisse changer leur position relative , soit par mégarde , soit par un accident quelconque , ou par le mouvement et les secousses que la vis ou son écrou peut recevoir de la machine dont ils font partie ; on obtient cela très-facilement par le moyen d'un autre écrou qui vient s'appuyer contre celui qu'on veut fixer : comme le second écrou tend à pousser le premier dans la direction de la vis , et que le frottement est très-grand dans ce cas , comme nous l'avons déjà observé , l'action qu'il exerce n'étant pas assez forte pour vaincre cette résistance , parce que la réaction de l'écrou qu'on presse réagit sur celui qu'on emploie , et augmente à proportion sa résistance , l'un et l'autre restent immobiles.

La vis est une des machines le plus en usage dans les arts ; elle entre comme auxiliaire dans presque toutes ; elle change de forme , en égard tantôt à la matière dont l'instrument est composé , tantôt au but qu'on s'est proposé en l'employant.

On a souvent recours au système de deux vis parallèles pour communiquer à une longue planche un mouvement rectiligne conservant son parallélisme ; c'est d'après ce principe que sont construites plusieurs presses.

On trouve dans le IV^e. vol. des Machines approuvées par l'Académie, la manière d'employer les vis, proposée par M. *Jacques Le Maire* ; il en fait l'application à une presse, et le rédacteur dit : « Cette » manière d'employer les vis est très-ingénieuse ; elle peut servir en » une infinité d'occasions, et produire de grands effets. Cette invention » a été trouvée par M. le chevalier *de Ville* ; il emploie cette machine » pour écarter des grilles ; il en fait voir l'application dans son *Traité de fortifications, de l'attaque et de la défense des places*, pag. 228, » pl. 37, imprimé à Lyon en 1629. Elle a été encore donnée ailleurs. »

Si dans un même cylindre on trace deux vis dont la direction soit contraire, on donnera en même temps deux mouvemens rectilignes en sens opposés à deux écrous.

(D 3.)

M. *de Prony* a trouvé une manière de transformer le mouvement circulaire en un autre rectiligne, dont la vitesse soit aussi petite que l'on voudra. C'est au moyen d'une vis telle qu'on évite l'inconvénient résultant de ce que le pas de la vis soit trop petit, inconvénient qui contribue à l'inexactitude et au peu de durée des micromètres ordinaires. L'idée en est extrêmement simple, heureuse ; elle est d'ailleurs susceptible de plusieurs applications aux arts.

AB est un axe divisé en trois parties, *ab*, *cd*, *ef* ; les deux vis *ab*, *ef* sont du même pas ; elles traversent deux supports fixes *C*, *D* où il y a deux écrous ; cet axe se meut horizontalement, et parcourt, à chaque tour, un espace égal au pas de vis ; *cd* forme une autre vis dont le pas est moindre ou plus grand que celui des vis *ab*, *ef*, d'une quantité aussi petite qu'on voudra : on y introduit un écrou *M*, où l'on fixe le fil du micromètre ; cet écrou ne peut pas tourner en même temps que l'axe, car il en est empêché par la banquette *EF* ; mais il parcourt, à

chaque tour de l'axe, un espace égal à celui de son pas de vis; il participe par conséquent de deux mouvemens opposés, l'un, celui de la translation absolue de l'axe, et l'autre, relatif à cet axe même, en sorte qu'il ne parcourt que la différence de ces deux mouvemens. Soit a le pas des vis ab , ef ; a' celui de la vis cd ; après n révolutions de l'axe, le support M aura parcouru un espace $= na - na' = n(a - a')$; mais $a - a'$ peut être aussi petit qu'on voudra, a et a' étant aussi grands que les circonstances l'exigeront, c'est-à-dire, d'une grandeur telle que les vis aient toute la solidité qu'on puisse désirer. C'est ainsi que *M. de Prony* est parvenu à une solution aussi simple qu'ingénieuse du problème qu'il s'était proposé.

Dans l'exécution, il est difficile de faire les deux vis ab , ef tellement égales qu'on ne trouve quelque résistance dans les écrous; on peut supprimer l'une des deux, qui peut être suppléée par un axe simple.

(E 3.)

Une spirale enveloppant un cylindre, présentée à un courant d'air ou d'eau, change le mouvement rectiligne de ces fluides dans un autre circulaire, et la vis d'*Archimède* peut être regardée comme la méthode inverse du problème (1).

Le procédé pour construire cette spirale, se trouve dans la Collection des Machines approuvées par l'Académie des sciences de Paris, tome VII, n.º 479, où *M. Dubost* propose ce moyen pour la construction d'un moulin sur le Rhône. *M. du Quet* (tome V, n.º 338) l'a proposé pour une machine destinée à faire remonter les bateaux. On l'applique aussi au mouvement des tourne-broches, par le courant

(1) Sur la théorie de la vis d'*Archimède*, on peut consulter l'*Hydrodynamique* de *Daniel Bernoulli*; un Mémoire de *Pitot*, imprimé dans les mémoires de l'Académie des sciences pour 1736; un autre de *Euler*, dans les Mémoires de l'Académie impériale de Pétersbourg, tome V, année 1754; l'ouvrage du P. *Belgrado*, dont le titre est *Theoria cochleæ Archimedis, ab observationibus, experimentis et analyticis rationibus ducta*, ann. 1767; le prix adjugé en 1765, par l'Académie de Prusse, à *M. Jean-Frédéric Hennerol*; et l'ouvrage de *Paucet*, sur la théorie de la vis d'*Archimède*.

d'air qui s'élève dans une cheminée, et à d'autres machines qu'on a proposées pour servir de loc, afin de mesurer la marche des vaisseaux (1).

(F 3.)

Roue verticale à palettes.

(G 3.)

Roue horizontale à palettes recourbées.

(H 3.)

Roue à pots ou godets.

M. de Borda, dans un Mémoire sur les roues hydrauliques, imprimé dans les Mémoires de l'Académie de 1767, trouve les résultats théoriques qui suivent :

Roue à Aubes ou Palettes, qui se meut par le choc de l'eau.

PREMIER CAS. Si l'eau tombe le long d'un plan incliné sur les palettes obliques d'une roue horizontale, et qu'on nomme A l'angle formé par le plan incliné et une ligne verticale, H la hauteur de la chute d'eau sur les palettes, g la force accélératrice de la gravité, et V la vitesse de la roue, il faudra, pour que cette roue produise le plus grand effet possible, 1.° que la direction du fluide fasse un angle droit avec le plan de la palette qu'il frappe; 2.° que l'on ait $V = \frac{\sqrt{2gH}}{2 \sin. A}$. Si la force de cette roue était employée à élever des poids tout le long du plan incliné, les poids élevés ne seraient jamais que la moitié du poids de l'eau descendue.

DEUXIÈME CAS. Dans les roues verticales ordinaires, telles que celle (F 3), on aura $V = \frac{1}{2} \sqrt{2gH}$ pour le cas du *maximum* de l'effet

(1) Voyez *Theatrum machinarum de Leupold*; tom. 1, planch. 51.

Theatrum machinarum novum, etc.; per Gregorium Andream Bocklerum; ann. 1682, fig. 81 et 82.

Dessins artificiaux de toutes sortes de moulins à vent, à eau, etc.; par Jacques de Strada, et publiés par Octave de Strada, imprimés à Francfort l'an 1617; fig. 49.

possible, c'est-à-dire, qu'il faudra que la vitesse des palettes de la roue soit la moitié de celle du fluide qui les fait mouvoir. L'effet de cette roue est le même que celui de la roue précédente.

TROISIÈME CAS. Si la roue est horizontale et les palettes courbes (G 3), en supposant que l'eau entre dans ces courbes sans les frapper et qu'elle sorte horizontalement par la partie inférieure: nommant h la distance verticale entre la partie supérieure et inférieure de la courbe, on aura, dans le cas du *maximum* de l'effet possible de la roue, $V = \frac{g(H+h)}{\sin A \sqrt{2gH}}$. Si la force de cette roue était employée à élever des poids depuis le bord supérieur des palettes jusqu'à la surface du réservoir qui fournit l'eau, la somme des poids élevés pourrait être égale au poids de tout le fluide descendu.

Roue à Pots ou Godets, qui se meut en partie par le choc et en partie par le poids de l'eau. (H 3.)

On suppose que toute l'eau puisse être contenue dans les godets. Soit R le rayon de la roue, H la distance verticale entre la surface du fluide et la partie plus basse de la roue, h la distance verticale entre la surface du fluide et le point de la roue où il commence à entrer dans les pots.

Il faudra, pour que la roue produise le plus grand effet possible, 1.° qu'on ait $V = \frac{1}{2} \sqrt{2gh}$, c'est-à-dire, qu'il faudra que la circonférence de la roue prenne la moitié de la vitesse du fluide qui la frappe; 2.° que $h = 0$, c'est-à-dire, que le diamètre de la roue soit égal ou plus grand que la distance entre sa partie inférieure et la surface du fluide, et que, dans les deux cas, le fluide entre dans la circonférence de la roue au niveau du fluide, et par conséquent avec une vitesse infiniment petite; d'où il suit que la vitesse de la roue doit aussi être infiniment petite.

Cette roue peut élever, depuis sa partie inférieure jusqu'à la surface du réservoir qui fournit l'eau, une quantité de poids égale au poids de toute l'eau qui la fait mouvoir.

M. Borda termine son Mémoire par les réflexions suivantes sur l'application de ses recherches à la pratique.

Des roues verticales à palettes et à aubes.

« Ces roues pourraient produire la moitié du plus grand de tous les » effets possibles, si les palettes, en tournant dans leur petit canal, en » remplissaient exactement tout le passage, et ne laissaient échapper » aucune partie du fluide, sans lui avoir ôté la vitesse qu'il a de plus » qu'elles; mais on est obligé, pour éviter le froissement de ces palettes » contre les bords et les fonds du canal, de laisser un petit intervalle » entre elles et ce canal; ce qui en même temps donne à une partie » du fluide la liberté de s'échapper sans exercer son action. Il n'est pas » possible de déterminer la diminution d'effet qui provient de cette » cause, puisqu'elle dépend du plus ou du moins de perfection de » l'ouvrage; mais je crois qu'il est rare que dans la pratique l'effet de » cette roue soit les $\frac{3}{4}$ du plus grand de tous les effets possibles, quoi- » que dans la théorie il pût en être la moitié. »

Des roues horizontales à palettes planes.

« Celles-ci ne perdent pas, à beaucoup près, une aussi grande » quantité de l'action du fluide que les précédentes, et par conséquent » elles doivent leur être préférées, lorsque la quantité de chute que l'on » a, ou d'autres circonstances, permettent également de faire usage » des unes et des autres: mais voici encore un avantage particulier » dont ces roues jouissent; nous avons vu dans la solution que nous » avons donnée, qu'elles peuvent toujours produire leur plus grand » effet possible, pourvu qu'on laisse prendre à leurs palettes une vi- » tesse $= \frac{\sqrt{2gH}}{2 \sin. A}$. Or, cette quantité augmentant à proportion que $\sin. A$ » diminue, il s'ensuit que, sans rien perdre de l'effet de ces roues, » on peut, en diminuant l'angle A , augmenter considérablement la » vitesse des palettes, suivant l'exigence des machines qu'on veut faire » mouvoir; au lieu qu'il n'y a qu'une seule vitesse, savoir la moitié de

» celle du fluide, qui convienne au plus grand effet possible des roues
» verticales. »

Des roues horizontales à palettes courbes.

« Ces roues n'ont pas sur les précédentes tout l'avantage que la
» théorie leur assigne, parce qu'il est comme impossible dans la pra-
» tique que toutes les parties du fluide entrent dans les courbes, en
» suivant une direction convenable, et en sortent dans une direction
» horizontale, comme cela devrait être pour le plus grand effet possi-
» ble. Malgré ces défauts et quelques autres qu'il serait trop long de
» détailler, ces roues sont toujours supérieures aux roues horizontales
» à palettes planes, et à plus forte raison aux roues verticales, pourvu
» qu'on ait une chute d'eau suffisante. Par exemple, je crois qu'avec
» une chute de 5 ou 6 pieds, on peut faire une roue horizontale à
» palettes courbes, dont l'effet soit à celui des roues verticales ordi-
» naires, au moins comme 3 est à 2. »

Des roues à godets.

« Nous avons dit que pour qu'une roue à godets produise son plus
» grand effet possible, il faut, 1.^o que son diamètre soit égal à toute
» la hauteur de la chute, ou plus grand que cette hauteur; 2.^o que
» l'eau entre dans les godets au niveau de la surface du réservoir;
» 3.^o que la vitesse de la roue soit infiniment petite : mais, quoique le
» plus grand effet possible n'existe réellement que lorsque ces trois
» conditions sont observées, on peut néanmoins donner au fluide une
» petite chute, et à la roue une assez grande vitesse, sans que pour
» cela l'effet s'éloigne beaucoup de celui qui est le plus grand. »

En effet, l'auteur prend pour exemple particulier une roue de 11
pieds de diamètre, placée de manière que la distance de la surface du
réservoir, à son point le plus bas, soit de 12 pieds, et que l'eau entre
par le point le plus élevé de sa circonférence; et en supposant qu'on
laisse prendre aux godets une vitesse de près de 4 pieds par seconde,
il résulte que son effet sera, à son plus grand effet possible, = 11 : 12.

Si on avait besoin de donner 6 pieds de vitesse par seconde, il trouve que le plus grand effet possible ne serait diminué que d'un dixième seulement.

On voit par cet exemple, dit-il, « que les roues à godets produisent, » à peu de chose près dans la pratique, le plus grand de tous les effets » possibles; au lieu que nous avons dit que les roues verticales ordi- » naires ne produisaient au plus que les $\frac{1}{10}$ de cet effet, et que les deux » espèces de roues horizontales en produisaient seulement, l'une un » peu moins, l'autre un peu plus de la moitié.

» Au reste, l'emploi des différentes espèces de roues que je viens » d'examiner, dépendant de la chute d'eau dont on peut disposer, de » la nature des machines qu'on veut faire mouvoir, et enfin de plu- » sieurs autres circonstances particulières, on ne peut assigner géné- » ralement les avantages d'une espèce sur l'autre; mais d'après les » principes que je viens de donner, on pourra aisément dans chaque » cas, en faire une comparaison assez exacte. »

L'objet principal que nous nous sommes proposé dans cet ouvrage, semblerait nous faire un devoir de ne pas nous occuper des théories scientifiques, et même d'éviter autant que possible l'emploi des signes qui malheureusement blessent encore la vue d'un grand nombre d'artistes; mais le mémoire que M. *Petit*, professeur à l'école Polytechnique, vient de publier *sur l'Emploi du principe des forces vives dans le calcul de l'effet des machines*, nous a paru mériter une exception à la règle générale, par la clarté, l'élégance et la concision qui y règnent; nous allons donc le transcrire en entier.

Les géomètres ont reconnu depuis long-temps que, parmi les propriétés générales du mouvement, celle qu'on désigne sous le nom de *principe des forces vives* était plus spécialement appropriée qu'aucune autre au calcul des machines. Cela résulte, comme on le sait, de ce que les forces vives fournissant, dans chaque cas, l'évaluation la plus naturelle du moteur et de l'effet produit, l'équation qui détermine la relation qui lie ces deux quantités donne la solution directe et immédiate du seul problème qu'on ait besoin de considérer dans la pratique.

Les applications d'un principe aussi général sont par elles-mêmes d'un si grand intérêt, qu'on doit être surpris du peu d'efforts qu'on a faits jusqu'à ce jour pour les multiplier et les étendre. La théorie des machines, envisagée sous ce point de vue, est presque entièrement à créer. Néanmoins, quoique le défaut de données physiques ou théoriques offre fréquemment des obstacles difficiles à surmonter, on doit convenir qu'il existe un assez grand nombre de questions simples et suffisamment déterminées dont il est possible d'obtenir la solution complète. C'est de l'examen de quelques-uns de ces cas particuliers dont je m'occuperai dans ce mémoire. Mais afin d'en rendre l'exposition plus claire, je la ferai précéder de quelques considérations relatives au genre de mouvement qu'on doit considérer dans les machines, et à la manière de mesurer les forces qui leur sont appliquées, ainsi que les effets qu'elles produisent.

En observant attentivement les circonstances qui accompagnent la production du mouvement dans les machines, on reconnaît bientôt que la vitesse, d'abord infiniment petite, augmente graduellement pendant un temps ordinairement très-court, après lequel le mouvement peut être sensiblement considéré comme uniforme. Pour concevoir la raison de ce fait, il faut remarquer que le moteur, exerçant à l'origine un effort nécessairement plus grand que celui de la résistance, doit faire naître un petit mouvement qui s'accélère ensuite peu à peu; mais alors cette accélération produisant presque toujours ou une diminution dans l'effort du moteur, ou une augmentation dans celui de la résistance, et quelquefois les deux effets en même temps, il arrive que le rapport des deux forces s'approche de plus en plus de celui qui convient pour leur équilibre; en sorte que la machine, ne se mouvant plus qu'en vertu de la vitesse acquise, conserve, à cause de l'inertie, un mouvement uniforme.

L'expérience journalière confirme cette explication. Ainsi, lorsqu'on soulève la vanne d'un coursier destiné à amener de l'eau contre une roue à palettes, quelque vitesse qu'ait le fluide, l'accélération du mouvement est très-sensible dans les premiers instans; mais à mesure

que la vitesse augmente, l'impulsion de l'eau diminue, parce que la roue se soustrait en partie à son action : il vient donc un moment où cette impulsion est simplement capable de faire équilibre à la résistance, et c'est à cet instant que le mouvement devient uniforme. De semblables effets se produisent dans les machines mues par des agents animés ; ils résultent alors de ce que le moteur, obligé de prendre une certaine vitesse, consomme pour cela une partie d'autant plus grande de l'effort *maximum* dont il est capable, que cette vitesse est elle-même plus considérable.

Suivant qu'une machine est en équilibre ou en mouvement, les forces qui lui sont appliquées produisent deux sortes d'effets qu'on doit distinguer l'un de l'autre. Dans l'état d'équilibre, on n'a à considérer que l'intensité de ces forces ; mais, dans celui de mouvement, il devient nécessaire d'avoir égard à un élément, de plus, qui est l'espace qu'ont à parcourir les points d'application. Ainsi, lorsque la résistance est un poids, l'effet produit, quand la machine est en équilibre, est mesuré par le poids soutenu ; mais quand elle est en mouvement, cet effet dépendant à la fois et du poids qu'elle entraîne et de la hauteur dont elle l'élève, il doit naturellement être exprimé par le produit de ces deux facteurs.

L'expression d'un pareil effet peut toujours se ramener à une force vive. Ainsi, M représentant la masse du poids élevé à la hauteur H , l'effet produit sera représenté par gMH , g étant l'intensité de la pesanteur ; or, en appelant V la vitesse acquise par un corps grave qui tombe de la hauteur H , on a $V^2 = 2gH$ et $gMH = \frac{1}{2} MV^2$.

En considérant de la même manière tous les genres de résistance, on trouve toujours que l'expression naturelle de l'effet produit dépend d'un certain nombre de facteurs tellement combinés que cette expression peut se transformer en une force vive, c'est-à-dire, en un produit d'une masse par le carré d'une vitesse.

Ce que nous disons de la résistance s'applique au moteur. Son expression peut toujours aussi se réduire à une force vive. Ainsi, une chute d'eau dont la quantité et la hauteur sont données, un ressort

comprimé et qui se détend dans un espace déterminé ; une journée de travail d'un animal, etc. , renferment une quantité déterminée de force vive qu'on peut , à l'aide d'une machine , transmettre à une résistance quelconque.

En envisageant ainsi les moteurs et les résistances , on voit que le calcul de toute espèce de machine se réduit en définitif à la détermination du rapport entre la force vive employée et la force communiquée. Ce rapport une fois connu (et le principe des forces vives le fournit dans tous les cas), on en déduit aisément les conditions à remplir pour faire rendre à chaque machine le plus grand de tous les effets qu'elle peut produire.

Les seules machines que je considérerai sont celles qui sont mues par les fluides ; et d'après ce que j'ai établi précédemment , je les supposerai parvenues au mouvement uniforme. Avec cette restriction , le principe des forces vives peut s'énoncer de la manière suivante :

La force vive communiquée à la résistance est égale à celle que possédait le moteur , diminuée , et des forces vives perdues dans les changemens brusques de vitesse , et de celle que le moteur conserve après avoir exercé son action.

Avant de passer à l'examen des cas particuliers que je me propose de traiter , il est nécessaire d'indiquer d'abord comment doit se calculer la force vive développée par un fluide , et de quelle manière on peut évaluer celle qui se perd dans la communication du mouvement.

Dans les fluides incompressibles , tels que l'eau , la force vive est immédiatement mesurée par le produit de la masse écoulée par le carré de la vitesse qui l'anime ; mais , dans les fluides élastiques , lorsqu'ils agissent en se dilatant , l'expression de cette force ne se présente pas aussi directement. On la détermine aisément de la manière suivante :

Imaginons que le fluide dont il s'agit soit renfermé dans un tuyau horizontal , fermé par l'une de ses extrémités , et contenant un piston parfaitement mobile ; représentons par b la section du tuyau , et par a la longueur de la colonne cylindrique occupée par le fluide , et comprise entre le fond du tube et le piston. Appelons h la hauteur de la colonne

d'eau dont le poids serait équilibre à l'élasticité de ce fluide, et supposons enfin que le piston ne supporte aucune pression extérieure. Celle qu'il éprouve intérieurement lui communiquera un mouvement accéléré dont il est facile de former l'équation.

Si l'on désigne par v la vitesse acquise après un temps t , et par x la longueur du cylindre occupée au même instant par le fluide, on remarquera que son élasticité s'est réduite à $\frac{ha}{x}$, et par conséquent que la force motrice est égale à $g \frac{\delta hab}{x}$, g représentant l'intensité de la pesanteur, et δ la densité de l'eau; mais la force motrice est représentée en général par $m \frac{dv}{dt}$, ou par $m \frac{v dv}{dx}$; m étant ici la masse du piston, on a donc :

$$m v dv = g \frac{\delta a b h}{x} . dx.$$

Intégrant et déterminant la constante, de manière que v soit nul quand $x=a$, on trouvera :

$$m v^2 = 2 g \delta . h a b \log. \frac{x}{a} (1).$$

Si le piston supportait sur sa face extérieure une pression constante mesurée par le poids d'une colonne d'eau dont la hauteur fût h' , on trouverait aisément pour la force vive :

$$2 g \delta b \left\{ h a \log. \frac{x}{a} - h' (x-a) \right\} (2).$$

Enfin, si la pression intérieure est elle-même constante, ce qui a lieu lorsqu'une nouvelle quantité de fluide vient, à chaque instant, compenser la diminution d'élasticité résultante de la dilatation, on obtient pour la force vive :

$$2 g \delta b (h-h') (x-a). (3).$$

Ce dernier cas est évidemment celui des vapeurs dans les pompes à feu.

Chacun de ces trois résultats peut être présenté d'une manière un peu différente, et qui a l'avantage de se rapprocher des considérations usitées dans la pratique. On sait qu'une force vive φ est capable d'élever

à une hauteur h un poids $\frac{g}{2gh}$. Considérées sous ce point de vue, les expressions (1) (2) (3) conduisent aux lois suivantes :

1°. Lorsqu'un fluide élastique occupant un volume a , et exerçant une pression égale à celle d'une colonne dont la hauteur est h , se dilate sans résistance extérieure, la force vive qu'il a développée lorsque son volume est devenu x , serait capable d'élever à la hauteur h le poids d'une masse d'eau dont le volume serait $a \cdot \log. \frac{x}{a}$.

2°. Si le fluide que nous venons de considérer avait à vaincre une pression extérieure constante, mesurée par le poids d'une colonne d'eau dont la hauteur fût h' , la force vive développée en passant du volume a au volume x ne serait plus capable d'élever à la hauteur h que le poids d'une masse d'eau dont le volume serait,

$$a \log. \frac{x}{a} - \frac{h'}{h} (x - a).$$

3°. Lorsqu'un piston se trouve soumis à deux pressions constantes, exercées en sens contraires par des fluides dont les élasticités sont en équilibre à des colonnes d'eau de hauteur h et h' , la force vive communiquée au piston serait capable d'élever à la hauteur $h - h'$ le poids d'une masse d'eau dont le volume serait égal à celui que le piston a parcouru.

Pour donner un exemple de l'application de ces lois, je vais comparer entre elles les forces vives que peut produire une même quantité de chaleur, en supposant qu'on l'emploie successivement à vaporiser de l'eau et à échauffer de l'air.

Supposons que la quantité d'eau vaporisée soit d'un gramme pris à la température de la glace fondante, réduite à l'état de vapeur à 100° , elle occupera à peu près 1700 centimètres cubes, et exercera une pression égale à celle d'une colonne d'eau de 10 mètres de hauteur. En la condensant complètement, la force vive développée sera, d'après ce que nous venons d'établir, capable d'élever à 10 mètres le poids de 1700 centimètres cubes, ou, ce qui revient au même, d'élever à un mètre un poids de 17 kilogrammes.

Or, la chaleur nécessaire pour vaporiser un gramme d'eau pourrait,

comme on sait, échauffer d'un degré 666 grammes d'eau, et par conséquent pourrait communiquer le même réchauffement à 2500 grammes d'air sous la pression d'une colonne d'eau de 10 mètres, en supposant, conformément aux expériences de Laroche et Bérard, que, dans cet état, le calorique spécifique de l'air soit 0,267, celui de l'eau étant pris pour unité. L'élasticité de cet air augmenterait de 0^m,0375; la force vive produite serait donc capable d'élever à 0^m,0375 le poids d'un volume d'eau égal à celui qu'occupent les 2500 grammes d'air. Ce volume est de 1925 décimètres cubes; ainsi, toute réduction faite, la force vive que nous cherchons est suffisante pour élever à un mètre de hauteur un poids de 72^{kilog.},2, résultat plus que quadruple de celui que donne la vapeur.

Quoique je ne prétende déduire du rapprochement que je viens de faire aucune conséquence relative au meilleur moyen d'employer l'action de la chaleur comme force motrice, il est toutefois permis de croire qu'on retirerait quelque avantage du perfectionnement de celles des machines qui, comme le pyrèolophore de MM. Niepce, ont pour moteur l'air subitement dilaté par la chaleur (1).

L'expression de la force vive produite par un fluide qui se dilate, conduit très-simplement à la solution du problème qui a pour objet de déterminer les vitesses qu'acquière les différens corps d'un système mis en mouvement par l'expansion subite d'un gaz. Si nous considérons un nombre quelconque de corps dont les masses soient M , M' , M'' , etc., et les vitesses acquises U , U' , U'' , etc., et si nous appelons F la force vive développée par le fluide, et calculée comme

(1) La machine de MM. Niepce appartient au § II; n'étant pas généralement connue, nous croyons utile d'indiquer, au moins en peu de mots, le principe ingénieux sur lequel repose sa construction.

La masse d'air, qui par son réchauffement doit produire la force motrice, est renfermée dans un récipient de cuivre bien clos de toutes parts. Les parois de ce vase sont percées de deux ouvertures à chacune desquelles sont adaptés des tuyaux. L'un de ces tuyaux contient un piston sur lequel l'air exerce, au moment de sa dilatation, une pression capable de soulever un poids quelconque, tel que celui d'une colonne d'eau. Le second tuyau, très-étroit, est percé de deux ouvertures; la plus voisine du vase laisse

nous l'avons indiquée, on aura d'abord $MU^2 + M'U'^2 + M''U''^2 +$, etc., $= F$. D'une autre part, puisque tous ces corps sont soumis à la même force, les quantités de mouvement acquises par chacun d'eux, après le même temps, doivent être égales; ensorte qu'on a $Mu = M'u' = M''u''$, etc. Ces équations, jointes à la première, feront connaître les valeurs de u, u', u'' , etc.

Quand on ne considère que deux corps, les équations précédentes résolvent le problème du mouvement d'un projectile dans une bouche à feu; elles font connaître la vitesse du boulet et celle du recul, et permettent de déterminer l'étendue de la charge qui produit le *maximum* d'effet. Je ne m'arrêterai pas à l'examen de ces diverses questions qui ne présentent aucune difficulté, et qui sont sans intérêt dans la pratique, puisqu'il n'est pas vraisemblable que le gaz provenant de l'inflammation de la poudre éprouve des changemens d'élasticité conformes à la loi de Mariotte. Aussi faudra-t-il, lorsqu'on voudra évaluer la force vive développée par ce gaz, la conclure de l'effet qu'elle produit. En appelant M et u la masse et la vitesse du boulet, et M' la masse du canon, on trouvera par ce qui précède la force vive égale à $Mu^2 (1 + \frac{M}{M'})$.

La force vive possédée par un fluide employé comme moteur ne se communique pas toujours en totalité à la résistance. D'abord le fluide peut être encore animé d'une certaine vitesse après avoir exercé son action; mais cette première cause de diminution dans l'effet s'évaluera toujours aisément, parce que la disposition même de la machine fait

passer la flamme d'une petite lampe ou d'une mèche, et la seconde sert à recevoir une matière pulvérisée extrêmement combustible. Enfin, à l'extrémité de ce même tube s'adapte la tuyère d'un soufflet au moyen duquel on introduit, à des époques régulières, une certaine quantité d'air dans l'intérieur du récipient. Cet air, obligé d'entraîner le combustible qui a été placé sur son chemin, le lance, à travers la flamme, dans le vase, où il arrive dans un état d'ignition complète. Le combustible, disséminé par le mouvement qu'il a reçu, dilate subitement et simultanément toute la masse d'air contenue dans le récipient, et produit ainsi une sorte d'explosion qui met le piston en mouvement.

connaître, dans chaque cas, la vitesse que conserve le fluide. Il est d'ailleurs évident qu'on doit entendre par cette vitesse, non pas celle du fluide par rapport à la machine, mais bien sa vitesse absolue dans l'espace, ainsi que Daniel Bernouilli l'a clairement établi dans son *Hydrodynamique*. On peut se faire une idée très-exacte de l'importance de cette distinction, en considérant les effets de la machine à force centrifuge. On sait que cette machine se compose d'un certain nombre de tubes placés autour d'un axe vertical de rotation, comme les arêtes d'un cône tronqué dont la petite base plongerait dans l'eau. En faisant tourner l'axe au moyen d'une manivelle, la force centrifuge oblige l'eau à s'élever dans les tubes, d'où elle s'échappe par l'orifice supérieur pour être reçue dans une rigole circulaire. D'après cette disposition, il est évident que la vitesse avec laquelle l'eau s'échappe dépend de la position de l'orifice, et que cette vitesse est la plus petite possible quand cet orifice est percé latéralement sur chaque tube, de manière que l'eau s'écoule en sens contraire de celui où la roue tourne. Or, comme la force vive que l'eau conserve en entrant dans la rigole est entièrement perdue pour l'effet utile de la machine, on doit chercher à la diminuer autant qu'on le peut; d'où il suit que l'orifice doit être placé comme nous venons de le dire, et non pas, comme on le fait ordinairement, à l'extrémité de l'axe du tube (1).

A la perte de force vive dont nous venons de parler, il faut joindre celle qui résulte des changemens brusques de vitesse, tels que ceux qui se produisent dans les machines mues par l'impulsion de l'eau. Dans ce cas, la communication du mouvement paraît avoir beaucoup d'analogie avec celle qui a lieu entre des corps dépourvus d'élasticité, puisque, après s'être séparés, le fluide et la machine conservent des vitesses qui, estimées dans le sens du choc, sont égales entre elles. Il est donc naturel d'admettre la même perte de force vive que dans le

(1) Cette remarque, aussi juste que curieuse, m'a été communiquée par M. Ampère, qui s'est occupé de l'application du principe des forces vives à la théorie des machines, et qui m'a dit être parvenu, de son côté, à plusieurs des résultats rapportés dans ce Mémoire.

choc des corps durs, c'est-à-dire, de la supposer égale à la force vive due à la vitesse perdue, en entendant par vitesse perdue, la résultante de la vitesse initiale et de la vitesse après le choc, prise en sens contraire de sa propre direction.

Ces principes établis, je vais en faire l'application au calcul des différentes espèces de roues hydrauliques.

Des roues à aubes.

Soit u la vitesse du courant, et M la masse d'eau écoulée dans l'unité de temps. Appelons x la vitesse constante à laquelle les aubes parviennent lorsque le mouvement est devenu uniforme; cette vitesse dépend, comme on le sait, de la résistance que la roue doit surmonter. La vitesse perdue dans le choc étant $u-x$, la force vive qui y correspond est $M(u-x)^2$. En second lieu, le fluide, se mouvant après le choc avec une vitesse x , conservera une force vive Mx^2 ; ainsi, de la force vive totale Mu^2 possédée par le courant, il n'y aura de communiqué à la résistance que :

$$Mu^2 - Mx^2 - M(u-x)^2.$$

Cette quantité doit être nulle quand la résistance est nulle ou infinie. Les valeurs correspondantes de x sont $x=u$ et $x=0$. Entre ces deux limites, pour chacune desquelles l'effet produit serait nul, il existe une valeur de x qui rend l'expression précédente un *maximum*. On trouve, par la différentiation, que cette valeur de x est $\frac{u}{2}$, et que la force vive communiquée est égale à $\frac{Mu^2}{2}$.

Ainsi, le plus grand effet possible des roues à palettes a lieu lorsque ces palettes prennent une vitesse moitié de celle du courant, et ce plus grand effet se borne à utiliser la moitié de la force vive possédée par le fluide.

Ces résultats se rapprochent beaucoup de ceux que Smeaton a déduits d'expériences directes.

Des roues à augets.

Ces roues sont mues simplement par le poids de l'eau lorsque ce fluide entre dans les augets tangentiellement à la roue et avec une vitesse égale à celle de la circonférence. Si la vitesse de la roue est moindre que celle de l'eau affluente, celle-ci agit à la fois par le choc et par son poids. Examinons successivement ces deux cas.

Dans le premier, si l'on appelle u la vitesse de la roue prise à sa circonférence, et H la hauteur verticale de l'arc occupé à chaque instant par les augets pleins d'eau, on voit que si l'eau tombait librement, elle acquerrait une vitesse $\sqrt{u^2 + 2gH}$, puisqu'elle arrive déjà sur la roue avec la vitesse u . Ce moteur possède donc, dans ce cas, une force vive $M(u^2 + 2gH)$, M désignant toujours la masse d'eau écoulée dans l'unité de temps; mais l'eau sort des augets sans vitesse relative, et par conséquent avec une vitesse absolue dans l'espace égale à u ; il y a donc une perte de force vive Mu^2 , et la force vive communiquée à la résistance se réduit à $M \cdot 2gH$.

On voit par là que le *maximum* d'effet de ces roues exigerait que leur vitesse de rotation fût infiniment petite, et qu'alors la force vive du moteur serait employée en totalité.

Passons au second cas, et conservant aux lettres déjà employées leur première signification, appelons v la vitesse de l'eau affluente qui frappe les augets tangentiellement à la circonférence. On trouvera, comme précédemment, que l'eau possède une force vive égale à $M(v^2 + 2gH)$; qu'elle conserve, au moment où elle quitte l'auget, une force vive Mu^2 , et qu'enfin le choc de l'eau occasionne une perte égale à $M(v - u)^2$. L'effet produit se réduit donc à $M(v^2 + 2gH) - Mu^2 - M(v - u)^2$.

Pour connaître la vitesse la plus avantageuse d'une pareille roue, il faut rendre l'expression précédente un *maximum*, différentiant par rapport à u et égalant à zéro, on trouve $u = \frac{v}{3}$.

Les expériences de Smeaton sur les roues mues uniquement par le poids de l'eau, sont aussi d'accord avec les résultats que nous venons

d'obtenir. Il a seulement remarqué que la vitesse de la roue ne devait pas être au-dessous d'une certaine limite, passé laquelle les résistances, telles que le frottement, rendaient le mouvement irrégulier.

Des roues mues par la réaction de l'eau.

La roue à réaction se compose d'un certain nombre de tuyaux horizontaux communiquant tous avec un même tuyau vertical autour duquel ils peuvent tourner. Le tuyau vertical est supposé constamment plein d'eau à la même hauteur, et chaque tuyau horizontal est percé latéralement d'une ouverture par laquelle le liquide s'écoule. Cet écoulement détermine une pression sur la paroi opposée à l'orifice, et c'est cette pression qui devient la force motrice de la roue.

Supposons la roue parvenue au mouvement uniforme, et appelons u la vitesse absolue de l'orifice, et a sa distance à l'axe de rotation. Soit H la hauteur de la colonne contenue dans le tuyau vertical. Cette hauteur mesure la pression exercée sur tous les points du tuyau horizontal dans l'état de repos; mais quand la roue tourne, la force centrifuge détermine une nouvelle pression que nous allons calculer.

Prenons pour axe des z , l'axe vertical de rotation, et pour axe des x , l'un des tuyaux horizontaux. Une particule fluide dont les coordonnées sont x et z sera soumise, d'une part, à la force g de la pesanteur, que nous prenons négativement puisqu'elle tend à diminuer la coordonnée z , et à la force centrifuge provenant du mouvement horizontal de rotation. A une distance x de l'axe des z , la vitesse est $\frac{ux}{a}$; ainsi, la force centrifuge, étant égale au carré de la vitesse divisé par le rayon du cercle décrit, sera $\frac{u^2x}{a}$. On aura donc, d'après les principes de l'hydrostatique, en appelant p la pression $dp = \frac{u^2x}{a} dx - g dz$.

Intégrant et observant que $p=0$ quand $x=0$ et $z=H$, on aura $p = \frac{u^2x^2}{2a^2} + g(H-z)$. Ainsi, à l'orifice où $z=0$ et $x=a$, on trouve $p = \frac{u^2}{2} + gH$.

Et si l'on représente par H' la hauteur due à la vitesse u , on aura $p = g(H + H')$.

Maintenant, d'après la loi de l'écoulement des liquides, la vitesse produite par la pression d'une colonne d'eau d'une hauteur verticale $H+H'$ est égale à celle qu'acquerrait un corps grave en tombant de cette hauteur; ainsi l'eau sortira des tuyaux avec une vitesse relative $\sqrt{2g(H+H')}$, et par conséquent sa vitesse absolue dans l'espace sera $\sqrt{2g(H+H')} - \sqrt{2gH'}$.

La force vive perdue dans cette machine est donc $M (\sqrt{2g(H+H')} - \sqrt{2gH'})^2$.

Ainsi, pour trouver la vitesse qui convient au *maximum* d'effet, il faut chercher la valeur de H' , qui rend un *minimum* l'expression $\sqrt{2g(H+H')} - \sqrt{2gH'}$; or, le coefficient différentiel de cette quantité par rapport à H' est :

$$g \left\{ \frac{1}{\sqrt{2gH+H'}} - \frac{1}{\sqrt{2gH'}} \right\}$$

Ce coefficient étant toujours négatif, et ne devenant nul que quand H' est infini, nous en devons conclure que, dans la roue à réaction, il y a toujours une certaine portion de la force vive perdue; mais que cette perte diminue à mesure que la roue tourne avec une plus grande vitesse.

M. Petit termine son mémoire par la description de la Danaïde de M. Mannoury, d'après le rapport fait à l'Institut par M. Carnot. Mais l'auteur ayant fait postérieurement des changemens à sa machine, nous en donnerons la description dans (N 3).

(I 3.) *Planche 2.*

Moulin à vent à roue horizontale.

Il n'y a point de machine plus universellement répandue que les moulins à vent, et il n'y en a point dont les vrais principes théoriques soient aussi peu connus, et qui soient sujets à un aussi grand nombre d'inconvéniens; car les ailes ne tournant que par une impulsion di-

recte du vent, l'effort qui tend à les renverser est souvent plus considérable que celui qui tend à les faire tourner; d'où il résulte qu'on est obligé de donner aux ailes une grandeur démesurée, ce qui augmente beaucoup les frottemens, rend la manœuvre difficile et dangereuse par un vent fort, et expose quelquefois les moulins à être détruits, surtout en temps d'ouragan.

La grandeur des ailes occasionne une résistance latérale très-considérable; si l'on joint à cette considération l'obliquité qu'il faut donner aux ailes pour obtenir le *maximum* de l'effet de la machine, on verra qu'il s'en faut bien que l'effet des moulins soit tel qu'il devrait être, eu égard à la grande surface des ailes. La nécessité de présenter continuellement les ailes au vent, est un des plus grands inconvéniens: comme le vent varie à chaque instant, il arrive de là que sa direction n'est presque jamais telle qu'elle devrait être, quelquefois même le vent saute subitement d'un point de l'horizon au point opposé, et alors le moulin court le plus grand risque d'être brisé: d'ailleurs l'embarras du cabestan et la difficulté de le manœuvrer avec promptitude font perdre beaucoup de temps, et exigent du travail inutile.

Il est vrai que dans les petits moulins à vent, on se sert d'une girouette qui dirige d'elle-même les ailes dans la direction du vent; ainsi, de quelque côté qu'il souffle, il se trouve toujours orienté. Un de nous a vu en Angleterre l'application d'une petite girouette agissant sur un grand cercle horizontal et denté, par le moyen d'une vis sans fin, et qui servait à orienter un grand moulin; mais les grandes girouettes appliquées aux petits moulins, ainsi que les petites girouettes aux grands moulins, offrent de trop graves inconvéniens, soit de construction, soit de dépense, pour pouvoir être généralement adoptées.

Toutes ces raisons ont engagé les mécaniciens à chercher les moyens d'employer plus directement l'effort du vent, faisant en sorte que le moulin se trouve toujours orienté de lui-même sans qu'on fût obligé d'y toucher. Un des plus remarquables est celui des moulins hollandais, dans lesquels on emploie une roue horizontale à ailes mobile

dont une partie se trouve sans cesse dans la direction du vent, tandis que l'autre est entièrement exposée à son impulsion, et force, par conséquent, la roue de tourner jusqu'à ce que la puissance cesse, ou que quelque autre cause arrête le mouvement des ailes.

Si on imagine, 1°. que $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$, représentent une roue formée par six cadres fixés à l'arbre C ; 2°. que ek, dy, bi, ah, gm, fl , soient des girouettes fixées à ces mêmes cadres par leurs pivots d , qui sont placés de manière à ce que les surfaces de ces girouettes soient partagées en deux parties inégales par l'axe de rotation; si on place dans les cadres les obstacles r , formés par des cordes verticales, de manière que la distance entre chaque obstacle et les pivots de la girouette qui tient au même cadre soit plus petite que la plus grande largeur de la girouette, et que, par conséquent, elles puissent tourner librement, sans pouvoir cependant passer au delà de la direction des cadres (ce qu'on peut obtenir par d'autres obstacles, tels que d'autres cordes placées entre celles dont nous venons de parler et les points de rotation), il sera facile de voir que, quelle que soit la position où se trouvent les girouettes dans un temps calme, à peine le vent commencera à souffler n'importe quelle soit sa direction, les girouettes s'orienteront d'elles-mêmes, dans l'instant même, de manière à faire tourner l'axe C toujours dans le même sens, circonstance précieuse, qui aurait donné un avantage décidé à ce genre d'ailes sur les ailes verticales, si d'autres inconvénients très-graves ne les avaient pas discréditées. Celui que nous regardons comme le plus marquant, est la grande résistance qui résulte de l'action entre le vent et la partie de la roue qui se ment en sens contraire à sa direction; les secousses continuelles des girouettes contre les cordes, diminuent l'effet de ces machines, et tendent à les détruire; en vain on a tâché de diminuer cet effet en multipliant le nombre des girouettes sur le même cadre; l'expérience démontre chaque jour que les inconvénients sont plus grands que les avantages, dans les moulins à vent à roue horizontale.

Moulin à vent, à roue verticale.

Ces moulins sont composés 1°. d'un arbre tournant *B*, incliné à l'horizon de huit à quinze degrés; 2°. de quatre pièces de bois *BC*, *BD*, *BE*, *BF*, de 12 mètres de long chacune, perpendiculaires à l'arbre *B*: elles sont fixes à l'arbre vers son extrémité supérieure; et 3°. de quatre ailes soutenues par ces pièces de bois.

Chaque aile commence à 2 mètres de l'arbre tournant *B*, et se termine à l'extrémité de la pièce de bois qui la soutient, par conséquent à 10 mètres de long; leur largeur est d'un peu plus de 2 mètres. Selon *MM. Monge et Hachette*, on peut regarder chaque aile comme une surface gauche engendrée par le mouvement d'une ligne droite perpendiculaire à la pièce qui soutient l'aile, et qui, se trouvant au commencement de l'aile, c'est-à-dire, le plus près de l'arbre tournant, formerait avec celui-ci un angle de 60° du côté du vent; cette droite parcourt, avec un mouvement uniforme, toute la longueur de la pièce qui soutient l'aile, restant toujours perpendiculaire à cette pièce, mais augmentant uniformément l'angle qu'elle forme avec l'arbre *B* tournant, de manière à ce que, à l'extrémité de l'aile, cet angle qui était de 60° au commencement, soit devenu de 78° si l'arbre *B* a 8° d'inclinaison avec l'horizon, ou de 84° si l'inclinaison est de 15° , et proportionnellement dans les inclinaisons intermédiaires.

Les positions de la ligne génératrice servent à fixer celles des traverses, et leur ensemble forme un *châssis* qui reçoit la voile qui doit former l'aile.

On peut aussi regarder chaque aile comme une surface gauche, engendrée par le mouvement d'une ligne droite perpendiculaire à la pièce qui soutient l'aile, et sujette à toucher, dans toutes ses positions, la ligne droite menée par les extrémités correspondantes de la position que la ligne génératrice doit avoir dans les deux extrémités de l'aile, d'après ce que nous venons de dire.

Les dimensions que nous venons de donner sont celles qu'on em-

ploie généralement dans la Flandre, principalement auprès de la ville de Lille, selon M. *Coulomb*, mémoire de l'Académie des sciences pour 1781; Mémoire que nous conseillons de consulter.

Il fait une évaluation de l'effet total de ces moulins, et estime « qu'ils » travaillent toute l'année 8 heures par jour, en élevant un poids de » 1,000 livres à 218 pieds par minute. »

« Supposant, dit M. *Coulomb* avec D. *Bernouilli*, qu'un homme, » employant ses forces de la manière la plus commode, ne peut éle- » ver, en travaillant 8 heures par jour, qu'un poids de 60 livres, à un » pied par seconde, ce qui donne 1728000 livres élevées à un pied » pour l'effet journalier, on aura, pour 8 heures de travail par jour, » un poids de 1000 livres élevé à 3 pieds $\frac{6}{12}$ par minute; et comme » nous venons de trouver que notre moulin, en travaillant 8 heures » par jour, élève un poids de 1000 livres à 218 pieds dans une minute, » son effet équivaut au travail journalier de 61 hommes. »

Dans les Mémoires de Berlin pour l'année 1756, on trouve un Mémoire d'*Euler* sur la théorie des moulins à vent; il trouve que l'aile doit former avec l'axe, dans la partie immédiate à cet axe, un angle de $54^{\circ} 44'$, et à son extrémité un angle de 80° , et que la vitesse de l'extrémité de l'aile doit être à celle du vent $= 2 + \frac{1}{2}$.

On peut aussi consulter un Mémoire de M. *Lambert* dans les Mémoires de Berlin pour 1775.

Les dimensions des ailes de moulins à vent, leur forme, la manière de les orienter, les moyens de déployer et de retirer les voiles, sont autant de problèmes qui ont mérité l'attention des savans et des artistes de tous les temps.

On peut consulter les ouvrages suivans :

Leupold Theatrum machinarum.

Description de l'art de construire les Moulins, par *Beyer*, augmentée par *Weinhold*. Dresde, 1788, in-fol.

Dessins artificiaux de toutes sortes de Moulins à vent, etc., par *Jean de Strada de Rosbery*, publiés par *Octave de Strada*. Francfort, 1617 et 1629, in-fol.

Theatrum machinarum novum, etc., par *Georgium Andream Bocklerum*, anno MDCLXII. (On trouve dans cet ouvrage la plupart des machines décrites dans celui de *Strada*. *Bockleri* publia aussi un ouvrage in-fol., dont le titre est *Architectura curiosa nova*, dans lequel on trouve une collection de fontaines remarquable par la diversité de formes.)

Schapp. — *Théâtre de Moulins*, partie mécanique, 1^{re} partie, avec cinq Supplémens. Francfort, 1766, in-4.

Presque toutes les collections de machines offrent quelques variétés de moulins à vent (1).

On trouvera aussi la description de deux moulins à vent qui méritent quelque attention, dans les *Annales des arts et manufactures*, n^o. 20 et n^o. 41.

(L 3.)

M. *Verzy* a présenté à l'exposition des produits de l'industrie nationale, année 1806, une machine à vapeur, que nous allons décrire, dont le mouvement est continu.

Soit *abcd* la coupe perpendiculaire à l'axe *Cd* d'un cylindre, dont la hauteur est égale à la distance *mn*, qui le sépare d'un autre cylindre *efghie* qui pénètre le premier, de manière que leurs axes se confondent, et que la surface du dernier s'ajuste exactement aux bords des surfaces supérieure et inférieure du premier; il y aura entre les deux cylindres une espèce de canal circulaire, dont la coupe horizontale sera *kebfhlmnke*, et la hauteur égale au plan *mn*, qui est attaché au cylindre extérieur qui en interrompt la continuité.

Les bases du cylindre intérieur sont fermées par des planches de métal faisant un petit rebord sur les couronnes du cylindre extérieur; elles sont assujetties à l'axe *C*, de manière que le cylindre intérieur puisse tourner librement autour de son axe, en supposant fixe l'extérieur.

(1) Comme, par exemple, dans la *Collection des machines approuvées par l'Académie*, tom. I^{er}, pag. 105 et 107, et dans le tom. VII, pag. 117.

On a pratiqué dans la surface courbe du cylindre intérieur deux ouvertures diamétralement opposées, ei , gh égales en hauteur et en largeur à celles du canal circulaire; on a ouvert deux portes ou soupapes angulaires kei , ghl , qui tournent sur leurs axes e et h , et tendent à refermer en même temps ces ouvertures, ainsi que le canal au moyen de deux ressorts en spirale epq , hrs , qui sont dans la partie supérieure des axes, et dont la force élastique peut augmenter ou diminuer à volonté. Les axes sortent hors de la base supérieure, et ont chacun une manivelle dont les positions se projettent dans les directions ek , hl .

La surface courbe du cylindre extérieur est percée par deux trous circulaires, l'un, où vient aboutir le tube A , conducteur de la vapeur, et l'autre communiquant avec le condensateur au moyen du tube B .

Cela étant compris, si l'on suppose que la vapeur entre par le tube A , le plan mn s'oppose à son passage, tandis que les deux côtés ke , ei de la soupape angulaire lui présentent la même surface; par conséquent, elle ne changera pas de situation, et son bord s'appuiera sur celui du cylindre intérieur avec toute la force du ressort epq , et ce cylindre tournera dans la direction abc . Avant que ke arrive au trou B , qui communique avec l'injection, la manivelle qui est en h aura rencontré l'obstacle o , qui est une petite barre fixée à la couronne supérieure du plus grand cylindre, et aura forcé à tourner en dedans la soupape angulaire ghl , parcourant ainsi sans difficulté le plan fixe mn , de sorte que quand il aura repris sa première position, kp aura passé le trou B , et le vide se sera formé dans la partie $keblrfp$ du canal, et tout sera dans l'état représenté par la figure; seulement le cylindre intérieur aura fait une demi-révolution. L'action de la vapeur continuera à communiquer à l'axe C un mouvement continu de rotation, que l'on pourra appliquer à tel usage que l'on voudra.

Il y a long-temps qu'on a construit en Angleterre différentes machines semblables. On trouvera leur description dans le *Répertoire des arts et manufactures*.

(M 3.) (*Plan et élévation.*)

Panemone. Cette machine a pour objet la transformation immédiate du mouvement rectiligne du vent, en circulaire; c'est un moulin à tout vent, plus curieux qu'utile.

Soit $ACEG$ l'équateur d'une sphère dont le rayon est AL , et $APEP'$ la projection verticale du méridien qui coupe l'équateur dans le diamètre AE . Dans la partie supérieure du plan de l'équateur, on tracera les deux diamètres AE , CG perpendiculaires l'un à l'autre, et dans la partie inférieure du même plan, les deux autres diamètres BF , HD qui forment, avec les précédents, des angles de 45° .

Dans la partie supérieure du plan de l'équateur, on a construit quatre trombes, formées par les surfaces des cônes dont les sommets se trouvent en E , G , A et C , et dont les bases sont les courbes à double courbure qui résultent de l'intersection de la surface de la sphère avec les cylindres droits qui coupent l'équateur selon les courbes LeF , etc., tangentes aux lignes LE , FE ; LG , HG , etc., et par les parties correspondantes des surfaces des deux méridiens AE , CG et de l'équateur.

Dans la partie inférieure du plan de l'équateur on a placé aussi quatre trombes construites d'après les mêmes principes; les sommets des cônes se trouvent en B , D , F , H .

Les courbes LeF ont été tracées par les principes de la géométrie descriptive, c'est-à-dire, on a mené la ligne EM du sommet E du triangle LEF à la moitié de sa base, on a élevé en M la perpendiculaire $ME' = ME$; on a tracé un cercle $Le'F$ tangent en F et en L aux deux côtés $E'L$, $E'F$ du triangle isocèle $LE'F$: de chaque point N de la ligne LF on a mené deux lignes, l'une parallèle à ME' , qui se termine en n' dans l'arc de cercle tracé, et l'autre Nn égale à la première, et parallèle à ME , qui donne un point n appartenant à la ligne LeF qu'on se propose de tracer.

(N 3.) *Planche 10.*

Élévation, et deux coupes horizontales, l'une (a) par la ligne cc' de l'élévation, l'autre (b) par la ligne dd' de la même.

Danaïde de M. le marquis Mannoury d'Ectot.

Cette machine peut être comprise, comme le dit très-bien M. Petit, au nombre des roues hydrauliques; elle se réduit à une cuve cylindrique en bois $n c d d' c' n$, dont le fond est percé à son centre par un orifice circulaire rr (voyez l'élévation et la coupe (b)). Au travers de cet orifice passe un essieu vertical de fer $p q$, retenu dans le haut par un collier, et posant, dans sa partie inférieure, sur un pivot qui lui permet de tourner sur lui-même, en entraînant la cuve à laquelle il est fixement attaché au moyen de quatre croissillons en fer, dont on voit deux cc' et ee' dans la coupe (a), et les deux autres dd' , ff' dans la coupe (b). Cet essieu, dirigé suivant l'axe de la cuve, ne ferme pas complètement l'orifice central rr qu'il traverse; il laisse, au contraire, tout autour de sa circonférence une couronne vide par où l'eau affluente peut s'échapper. Un diaphragme circulaire ss , fixé à l'axe vertical $p q$ et aux croissillons cc' , ee' , immédiatement en dessous de ceux-ci, partage la cuve en deux parties égales $n c c' n$ et $c d d' c'$, qui ne peuvent communiquer l'une avec l'autre que par la couronne vide qui reste entre le diaphragme circulaire et la surface intérieure de la cuve. La partie inférieure $c d d' c'$ est partagée en huit cases par autant de diaphragmes t , quatre desquels partent de l'axe $p q$ vers la circonférence, et quatre autres n'atteignent pas l'axe pour ne pas trop obstruer l'orifice rr . Ces diaphragmes, formés par des surfaces planes, descendent depuis le diaphragme circulaire jusqu'à la base de la cuve. L'eau arrive à la partie supérieure de la cuve par un tuyau de conduite B , qui se replie convenablement pour la laisser sortir par un orifice x (élévation et coupe (a)), sous la forme d'une nappe qui frappe tangentiellement dans toute sa hauteur la surface concave de cette partie, met la cuve en mouvement, descend à la partie inférieure par la cou-

ronne vide ménagée entre le diaphragme *ss* et la surface intérieure de la cuve, s'engage dans les cases déjà indiquées, et sort enfin par l'orifice *rr* pour tomber dans le tuyau de décharge *R*. Telle est la description et le jeu de cette machine que l'auteur a exécutée avec le plus grand succès dans différentes manufactures. Il vient d'y ajouter un perfectionnement qui consiste à substituer aux diaphragmes *t* à surfaces planes, d'autres diaphragmes en forme de spirales qui se prolongent en montant jusqu'au bord supérieur *nn* de la cuve, au travers de la couronne vide du milieu. La forme qu'il donne à ces nouveaux diaphragmes lui permet de supprimer le rebord *nn* qui servait à empêcher l'eau de se répandre en dehors; il paraît que par cette dernière modification la perte des forces vives est diminuée considérablement.

(O 3.) *Planche 10.*

Machine de M. Cagniard-Latour.

Cette machine est composée de deux cuves *A* et *B*, la première remplie d'eau à la température ordinaire, et la seconde d'eau chaude élevée à une température au moins de 75 degrés du thermomètre centigrade. Dans la première cuve est plongée une vis d'Archimède *C*, dans la seconde une roue à augets *D*; un tube *abcdef* communique du fond de la première cuve à celui de la seconde.

Si on tourne la vis en sens contraire de ce qu'il faudrait pour élever l'eau contenue dans la cuve, elle fera descendre l'air atmosphérique; cet air suivra la direction du tube de communication et sortira par l'orifice *f*. Il est inutile de prévenir que la distance de l'orifice *f* à la surface de la cuve *B*, doit être moindre que celle de l'orifice *a* à la surface de la cuve *A*. L'air froid ainsi porté au fond de la cuve remplie d'eau chaude, s'y dilate, entre dans les augets dont l'ouverture est tournée en bas, et fait tourner la roue *D*.

« Dans la machine exécutée par M. Cagniard, » dit M. Carnot dans un rapport fait à l'Institut le 8 mai 1809, sur cette machine; « l'effet produit consiste à élever, au moyen d'une corde attachée à l'essieu de

» la roue, un poids de quinze livres, avec la vitesse uniforme verti-
 » cale d'un pouce par seconde, tandis que la force mouvante appliquée
 » à la vis, est seulement de trois livres, avec la même vitesse. L'effet
 » de la chaleur est donc de quintupler l'effet naturel de la force mou-
 » vante.

» On conçoit que l'effet de la force mouvante étant quintuplé, on
 » peut prélever sur cet effet même, de quoi suppléer à cette force
 » mouvante, et qu'il restera encore une force disponible quadruple de
 » cette force mouvante. C'est ce qui a lieu en effet dans la machine de
 » M. *Cagniard*, » comme on le voit dans la figure.

La vis d'*Archimède* ainsi employée est un des meilleurs soufflets connus; on la voit à Clichy, employée dans une manufacture de blanc de plomb. La vis a 4 pieds de diamètre et 5 pieds de long.

(P 3.) *Planche 10.*

On donne le nom de *chèvre* à une machine composée d'un treuil horizontal qui sert à soulever un poids, soit au moyen d'une simple poulie de renvoi, soit avec le secours d'un moufle plus ou moins composé; ces machines donnent une solution générale du problème qu'on s'est proposé de résoudre dans ce § III.

Voici une chèvre dans laquelle ce n'est pas en employant un moufle qu'on obtient le rapport des vitesses qu'on désire, mais bien en substituant au treuil ordinaire un autre dont l'axe est composé de deux parties *A* et *E* de diamètres différens. Une corde *ABDCE*, après avoir fait quelques tours dans la partie *A* du treuil, passe par la poulie de renvoi *B*, par la poulie mobile *D* qui supporte le poids *P*, remonte et passe par une autre poulie de renvoi *C*, et vient se terminer dans l'autre partie *E* du treuil, où elle s'enveloppe dans un sens contraire à celui dans lequel elle se trouve enveloppée dans la partie *A*; en sorte qu'en tournant le treuil, la corde s'enveloppe dans la partie *A* pendant qu'elle se développe dans la partie *E*. On applique la puissance à l'extrémité des leviers *I*. On conçoit facilement qu'à chaque tour de treuil le poids *P* ne parcourt qu'un espace égal à

la moitié de la différence des deux circonférences des cylindres *A* et *E*, quantité qu'on peut rendre aussi petite qu'on voudra.

Dans le tom. 19, pag. 305, *Annales des arts et Manufactures*, on trouve la description d'un *cabestan double* dans lequel on voit une application de ce mécanisme.

§ IV.

Le mouvement rectiligne continu, avec une vitesse uniforme, ou variable d'après une loi donnée, peut être changé en circulaire alternatif avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

(A 4.)

Si, par l'un quelconque des moyens indiqués dans le § III, on change le mouvement rectiligne continu en circulaire continu, tous les exemples indiqués dans le § IX se placeront ici.

(B 4.)

M. Perrault, de l'Académie des sciences (*Recueil des Machines approuvées par l'Académie des sciences*, tom. I, n°. 9 et 10), propose d'appliquer une chute d'eau au mouvement d'une horloge à pendule. Sans partager son opinion sur l'utilité et la bonté de sa machine, nous indiquerons l'artifice qu'il emploie pour transformer la direction rectiligne du moteur en un mouvement circulaire alternatif.

L'eau qui coule par *c* tombe dans la petite caisse *d*, qui tourne autour d'un axe *m*, et qui est partagée par son milieu, en deux, au moyen d'une cloison. Quand la base *ab* est horizontale, l'eau tombe de manière à être partagée en deux parties égales par cette cloison; dans toute autre position, la chute s'en fait dans la partie élevée. Dans celle que représente la figure, cette chute a lieu du côté de *b*; quand cette partie est pleine, la caisse tourne sur son axe et vient s'appuyer sur l'obstacle *f*, versant l'eau dont le poids a décidé son mouvement.

L'autre partie se remplit à son tour, et ramène la caisse à sa position primitive, en s'appuyant sur l'obstacle *g*, et ainsi de suite.

(C 4.)

PROBLÈME. *Transformer le mouvement circulaire alternatif en rectiligne continu.*

Soit *AB* un levier tournant autour de son axe *C*, *FG* une barre qui peut monter et descendre librement, et dont les bords sont dentés en rochette; *DE*, *DE* sont deux petits leviers tournant dans leurs axes *D*, *D*, et dont les extrémités *E*, *E* sont garnies de deux petits cylindres qui engrènent dans les dents de la barre; le mouvement circulaire alternatif du levier *AB* fera monter la barre. *M. Perrault*, de l'Académie des sciences, emploie un mécanisme qui a beaucoup de rapport avec celui-ci pour un *cric d'équilibre* destiné à élever des fardeaux (*Recueil des Machines approuvées par l'Académie*, tom. I, n°. 1).

(D 4.)

Un bateau qui se trouve à l'ancre au milieu d'une rivière, attaché à un câble assez long, ira de l'une à l'autre rive avec un mouvement circulaire alternatif, par le moyen de son gouvernail, artifice très-connu et dont on fait souvent usage.

(E 4.)

Un secteur surmonté d'une voile, et formant un système dont le centre de gravité se trouve très-au-dessous de celui d'oscillation, au moyen d'un contre-poids, se balance continuellement avec un mouvement alternatif circulaire quand le vent frappe la voile : ce moyen d'appliquer l'action du vent a été proposé souvent, et l'on trouve des modèles construits d'après ce principe dans le Conservatoire des machines de Paris, et dans l'ouvrage de *M. Alexandre Maby* *Bayley*, qui renferme la description des machines présentées à la Société d'encouragement de Londres; on trouve l'application de ce moteur (tom. I, pag. 154) à une machine hydraulique, par *M. Merryman*.

Toutes les machines qui servent à remonter l'eau par le moyen d'un mouvement oscillatoire ou circulaire alternatif, communiqué à la machine par une puissance quelconque qui leur est appliquée extérieurement, telles, par exemple, que celles qui ont été décrites dans le n°. 66 du *Journal des mines*, peuvent être placées dans ce quatrième paragraphe.

On trouvera dans le *Bulletin de la société d'Encouragement*, du mois d'août 1811, n°. 86, la description d'une machine nommée *Pendule hydraulique*, imaginée par M. Boitias, adjudant-garde du génie à Charlemont. M. Molard, dans son rapport fait à la Société sur cette machine, au mois de décembre 1808, rapport qui se trouve dans le n°. 54 du Bulletin, 7^{ème}. année, s'exprime ainsi : « A l'égard du pendule » hydraulique, il ne faut pas le confondre avec une machine de même » nom décrite par Bélidor, propre à élever les eaux. C'est un pen- » dule simple, qui reçoit son mouvement d'oscillation par le moyen » du courant d'une rivière et à l'aide d'un contre-poids.

» Pour cet effet, l'auteur a placé, à l'extrémité inférieure du pen- » dule, une aube très-large et montée sur pivot, qui prend alternati- » vement la position verticale et la position horizontale. Dans la pre- » mière, elle plonge dans le courant et obéit à sa pression; dans la » seconde elle obéit au contre-poids, qui la ramène au point de départ » pour commencer une nouvelle oscillation. »

§ V.

Le mouvement rectiligne continu avec une vitesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée, peut se changer en continu d'après une courbe donnée, avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

On transformera le mouvement rectiligne continu en circulaire continu, par les moyens indiqués dans le § III, et tous les mouvemens du § X donneront la solution du problème.

§ VI.

Le mouvement rectiligne continu avec une vitesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée, peut se changer en alternatif d'après une courbe donnée, avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

Le mouvement rectiligne continu peut être changé en circulaire continu par les moyens indiqués dans le § III, et tous les mouvemens du § II donneront la solution du problème.

§ VII.

Le mouvement circulaire continu avec une vitesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée, peut se changer en rectiligne alternatif, avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

(A 7.)

Soit $ABDE$ (planche 2), une roue qui tourne autour de son centre C dans le même sens $ABDE$, avec une vitesse uniforme; $m n$, une règle qui est contrainte de conserver toujours cette même direction, pendant que son extrémité m suit le contour d'une courbe tracée sur sa surface; l'autre n doit faire un nombre déterminé d'allées et venues d'une étendue donnée, en revenant, à chaque révolution de la roue, au même point de départ, avec une vitesse, soit uniforme, ou qui varie d'après certaine loi, ou enfin tout-à-fait arbitraire.

Si le rapport des vitesses est uniforme, ou s'il suit des lois données, les courbes que l'on doit tracer seront déterminées, et aisées à construire. On peut à ce sujet consulter un Mémoire de M. *Deparcieux*, sur la manière de tracer mécaniquement la courbure qu'il faut donner dans les machines destinées à mouvoir des leviers ou des balanciers, imprimé dans les Mémoires de l'Académie des sciences, pour l'année 1747.

Si le rapport des vitesses est arbitraire, il y a une infinité de courbes qui peuvent satisfaire aux conditions du problème, soit par des polygones rectilignes, soit par des courbes. Les polygones rectilignes donnent des angles trop aigus; c'est pourquoi il faut préférer les courbes, en ayant soin de choisir entre les courbes celles qui forment des angles plus obtus; pour cela il faut diminuer la vitesse en changeant de direction, et tâcher que la courbe ait la plus grande étendue possible, en donnant au cercle le plus grand rayon que les circonstances puissent permettre.

Exemple. Si l'on veut que, pendant la révolution de la roue $ABDE$, l'extrémité n de la tige mn fasse trois mouvemens alternatifs, tandis que le point A décrit les arcs depuis 0 jusqu'à 5, depuis 5 jusqu'à 9, depuis 9 jusqu'à 10, depuis 10 jusqu'à 13, depuis 13 jusqu'à 19, et depuis 19 jusqu'à 24; si l'on veut que ce mouvement soit uniforme, on divisera l'espace entier que doit parcourir le point n (et que, pour plus grande clarté, nous avons représenté au-dessus de la figure (A 7.) par la ligne brisée pleine) en parties égales, faisant en sorte, s'il est possible, que des divisions égales tombent aux extrémités des oscillations rectilignes. Dans la figure, elle est partagée en vingt-quatre parties égales. La circonférence $ABDE$ se trouve divisée dans le même nombre de parties égales, et on a tiré des rayons aux points de division. Du point le plus éloigné 5 de l'espace que le point n doit parcourir, on a pris une distance qui entre un peu dans la circonférence de la roue, et cette distance donne la longueur de la tige nm . L'extrémité n est supposée en 0, l'autre extrémité m est en a qui sera un des points de la courbe. On a pris avec le compas la distance 01 qu'on a portée de a en r , et la distance $rC = Cq$ a donné le point q de la courbe tel que, quand la division 1 de la circonférence se trouvera en A , l'extrémité n de la tige sera en 1 (*fig. a.*) de sa course. De cette manière, on a tracé la courbe pleine $aqbcdefa$, qui satisfait aux conditions du problème.

Sur un coin de la figure, on a tracé une portion $s'c'dt'$ de courbe, qui correspond à la partie $scdt$ de la courbe du mouvement uni-

forme, pour faire voir que les angles deviennent plus obtus, quand on peut donner plus d'étendue à la figure.

Si le problème n'assujettit à aucune loi sur les vitesses, il est évident que le polygone rectiligne *abcdefa* satisfait à ces conditions; mais, dans les applications aux arts, les angles aigus n'étant pas les plus convenables, on préfère les polygones curvilignes. Celui qui est ponctué sur le plan du cercle a des angles plus obtus que le polygone curviligne représenté par les lignes pleines. La marche de l'extrémité *n* de la tige est indiquée par les nombres qui marquent sa place dans la ligne brisée 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc. (*fig. a*).

Il suffit d'un peu de jugement et d'exercice pour trouver, dans tous les cas, la courbe qui satisfait aux conditions du problème, et qui offre cette régularité si recommandable dans les arts.

Quand la loi des vitesses n'est pas donnée, on peut tracer la figure sans diviser préalablement la circonférence en parties égales; mais il est presque toujours plus commode d'effectuer cette division. Il est inutile de dire que la courbe étant donnée, il est aisé de déterminer la position de l'extrémité de la tige, lorsqu'un des points de la circonférence se trouve dans sa direction.

Le problème que nous venons de résoudre généralement, est susceptible de la réciproque, en déterminant le mouvement de rotation de la roue par un ressort ou par un poids.

Dans l'art du tourneur, on fait beaucoup d'usage de ce problème; la courbe tracée sur le cercle *ABDE* s'appelle *rosette*, et la règle *mn*, touche.

(B 7.)

C'est un cas particulier de (A 7), dans lequel on obtient à chaque révolution de la roue une seule allée et venue avec un mouvement uniforme. La courbe étant symétrique et tous ses diamètres égaux, on a profité, dans la figure, de cette circonstance pour assujettir la règle *ab* à la courbe, au moyen de deux boulons *n*, *m* qu'on garnit de deux poulies pour diminuer le frottement.

Les va-et-vient, pour diriger les soies dans les bobines des machines à tordre de M. *Vaucanson*, sont mûs par cette même courbe. On en fait usage dans différentes machines hydrauliques pour donner un mouvement uniforme aux pistons des pompes.

On voit dans le n°. 23 des *Annales des arts et manufactures*, la description d'un nouveau rouet pour la filature du lin et du chanvre, perfectionné par un Anglais, M. *Antis*, à qui la Société pour l'encouragement des arts de Londres a accordé un prix. On y trouve l'application de la courbe à cœur.

(C 7.) (*Plan et élévation.*)

Soit ABC une plaque de métal dans laquelle on a coupé à jour les fentes ab , cd , etc. Derrière cette plaque et très-près d'elle, imaginons une autre plaque NM , dans laquelle on a aussi percé à jour la fente en spirale marquée par la double ligne ponctuée, et tracée d'après les mêmes principes que la courbe à cœur (*fig. B 7.*) qui précède; il est évident que si de petits cylindres rs traversent les intersections des fentes avec la spirale, et qu'on fasse tourner la plaque de derrière, tous ces cylindres s'éloigneront ou s'approcheront du centre des plaques de la même quantité; ajoutons maintenant des coudes sn à ces petits cylindres dans la direction des rayons, et dont la longueur soit telle, que les extrémités n se terminent dans la circonférence d'un cercle dont le centre soit le même que celui de la plaque; il est évident que les extrémités n de ces coudes, soit qu'ils s'approchent, soit qu'ils s'éloignent du centre, se trouveront toujours dans la circonférence d'un cercle concentrique au premier. Deux mécanismes semblables peuvent être placés au-dessus l'un de l'autre, comme on le voit dans la figure, et on peut joindre les extrémités n des coudes par des barres nn qui formeront une espèce de cylindre dont le diamètre peut augmenter ou diminuer à volonté par le mouvement instantané de rotation communiqué aux plaques qui sont taillées en spirale. Tel est le mécanisme ingénieux que les Anglais ont adopté pour les tours et autres machines dans lesquelles on veut changer le rapport de

la puissance à la résistance selon le besoin, et cela presque instantanément.

On peut consulter *The repertory of arts and manufactures*, vol. XVII, pag. 11; *Specification of the patent granted to Richard Brayshay, etc., for a machine for the purpose of gaining an increased speed and power to all mechanical operation, by land and water, dated october 30, 1801*, le n°. 71 des *Annales des arts et manufactures*, par R. O'Reilly.

(D 7.)

La roue *AB* a sa circonférence taillée en forme de dents, qui peuvent varier de figure à volonté; la tige *ab* s'appuie constamment sur les dents de la roue *AB*, au moyen d'un ressort ou d'un poids, et peut glisser entre les tenons *c* et *d*, conservant sa position perpendiculaire au plan de la roue *AB*. Si la roue tourne, elle communiquera à la tige un mouvement rectiligne alternatif, et on peut varier ce mouvement selon les besoins; le tracé des dents de la roue n'offre pas la moindre difficulté, d'après ce que nous avons dit dans l'article (A 7).

M. Zureda a fait une application heureuse de ce mouvement à sa machine à piquer des cuirs pour faire des cardes. On a appliqué aussi dernièrement ce même mouvement à une machine pour faire des filets pour la pêche.

Leupold, dans son *Theatrum machinarum hydraulicarum*, t. II, planch. 36, fig. 3, fait l'application de ce mécanisme au mouvement des pistons des pompes. L'axe vertical d'une roue hydraulique horizontale, porte une roue aussi horizontale; la surface supérieure de celle-ci est garnie de sept plans inclinés qui forment une couronne à rochet, les dents de cette couronne sont séparées entre elles par un intervalle presque égal à la base de ces plans inclinés; les tiges des pistons ont des mentonnets saillans garnis de roulettes de friction qui s'appuient sur la couronne à rochet; c'est ainsi qu'à chaque révolution de la roue hydraulique, les pistons font sept montées et sept descentes, ou sept allées et venues.

(E 7.)

Le cercle A tournant autour de son axe, un point ou cheville, fixé sur sa surface, traverse la rainure nm du levier PQ , dont le centre de rotation est en R . Il en résulte que son mouvement circulaire et uniforme se change de continu en circulaire alternatif, qui est parcouru avec des vitesses non uniformes par les extrémités P , Q du levier, et alors il appartient au § IX. Mais si l'on fixe à l'extrémité P l'arc de cercle denté ST qui s'engrène avec la crémaillère NM , on a un mouvement rectiligne alternatif non uniforme, et qui appartient au § VII.

Au moyen de la poulie de renvoi G et de la corde QGH fixe en Q et soutenant le corps pesant H , on obtiendra un mouvement rectiligne non uniforme.

L'intersection de la rainure pq tracée sur le levier PQ , et de l'autre rainure st tracée sur une règle fixe Xy , intersection où l'on peut placer un petit cylindre, sert à communiquer à ce dernier corps un mouvement rectiligne alternatif non uniforme.

Dans les *Annales des arts et manufactures*, tom. XV, pag. 119, on trouve ce mouvement appliqué au perfectionnement des machines à arrondir les dents des roues.

(F 7.) (Plan et élévation.)

A est une roue en partie dentée, qui tourne dans le même sens sur un axe fixe : BC est un châssis dont deux des côtés opposés sont taillés en crémaillère. On a assujéti aux extrémités de ce châssis les barres BS , CT qui forment un seul corps, et qui passent par les tenons nm , pq ; de sorte que la crémaillère et les deux barres, qu'on peut regarder comme une seule ST , pourront acquérir un mouvement alternatif rectiligne par le circulaire de la roue A . On peut aussi appliquer le cadre qui renferme les deux crémaillères à une barre par un simple changement de construction.

Si les dents de la roue étaient infiniment petites, la moitié de la

roue devrait être garnie de dents, et l'autre n'en aurait point. Les deux crémaillères auraient une longueur égale à la demi-circonférence de la roue motrice, et leurs extrémités seraient à une égale distance des extrémités des petits côtés du châssis : mais, dans le cas contraire, le seul qui ait lieu dans la nature, l'arc garni de dents est plus petit que l'autre ; les crémaillères ont une longueur égale à la partie de la circonférence qui a des dents, et elles se terminent à des distances inégales des petits côtés du châssis. Le nombre de dents de la roue est arbitraire, mais il faut une très-grande précision dans l'exécution.

Il sera facile de tracer les dents de la roue et des crémaillères, si l'on se rappelle les préceptes donnés par M. Camus à la fin du second volume de son *Cours de Mathématiques* (1).

Quand on a la portion de l'arc garni de dents, et par elle celle des crémaillères, et la position d'une de ces dernières, il suffit d'un peu de tâtonnement pour placer l'autre de manière à obtenir le plus grand effet possible. Des recherches de pure théorie nous meneraient trop loin, sans aucun avantage pour les arts.

On trouvera ce mouvement appliqué au mouvement alternatif des pistons, dans les pompes proposées par M. Auger (*Machines approuvées par l'Académie des sciences de Paris*, tom. IV, n°. 223).

On trouvera aussi quelques exemples de la transformation du mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif, par le moyen d'une roue en partie garnie de dents et d'une ou de deux crémaillères, ainsi que du mouvement circulaire continu en circulaire alternatif, dans le *Répertoire des arts et manufactures* imprimé à Londres, vol. XII, pag. 145 ; et dans la *Mécanique appliquée aux arts, aux manufactures, à l'agriculture, à la guerre*, par Berthelot, tom. I, pag. 79 ; *Moulin à pédale*, tom. II, pag. 36 ; *Machine à manège pour scier la pierre*, tom. II, pag. 40 ; *Scie à débiter le bois*.

(1) On peut aussi consulter sur cet objet l'*Essai sur l'Horlogerie*, par M. Berthoud (Ferdinand), imprimé à Paris en 1786, tom. II, pag. 13 ; le tom. IV de l'*Encyclopédie*, article *Dent* ; et le travail de M. de La Lande qui se trouve dans le *Traité d'horlogerie* de M. Le Paute.

Dans le 1^{er}. volume de l'ouvrage de *Jacques Leupold*, imprimé à Leipsick, en 1724, et dont le titre est *Theatrum machinarum generale*, chap. 12, l'auteur prétend donner cinq moyens différens de transformer le mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif. Le premier de ces moyens (voyez planche 25, fig. 1^{re}. du volume que nous venons de citer) correspond à notre (F 7). Le 2^e. (planc. 25, fig. 2) est absolument le même; la seule différence qu'on remarque est que la tige représentée par *TS* dans notre fig. (F 7), est verticale, et que les deux crémaillères, au lieu d'être garnies de dents, le sont d'une suite de petits cylindres horizontaux, tels que ceux qu'on emploie généralement dans la confection des lanternes; le mouvement de la tige *TS* est appliqué à faire aller le piston d'une pompe (*Ramelli* avait déjà fait cette application). Le 3^e. (fig. 3, planche 25) revient au même; en effet, au lieu d'une roue en partie dentée, c'est une lanterne garnie en partie de cylindres, et les dents de la crémaillère sont onduées. Le 4^e. (fig. 4.) se réduit à deux crémaillères verticales, tournées dans le même sens, et suspendues à une poulie de renvoi par une corde attachée aux extrémités supérieures de ces deux crémaillères, en sorte que quand l'une monte, l'autre descend par son propre poids; un axe horizontal porte deux lanternes garnies en partie de cylindres; il est placé de manière à ce que l'une de ces deux lanternes fait lever sa crémaillère correspondante, pendant que l'autre descend par la suppression d'une partie des cylindres de sa lanterne. L'auteur fait l'application de ce mécanisme au mouvement des pistons des pompes, dans son ouvrage dont le titre est : *Théâtre des machines hydrauliques*, imprimé en 1724, t. 2, planche 40, fig. 8. Dans le 5^e. enfin, l'auteur transforme le mouvement circulaire continu, en circulaire alternatif par notre (R 9), dans lequel *B* et *C* sont deux lanternes, et *A* une roue garnie en partie de petits cylindres: Il transforme encore le mouvement circulaire alternatif de la tige *de* de notre figure, en circulaire alternatif par notre (D 8); pour cela, il garnit la tige horizontale *de* d'une vis sans fin, qui engrène dans un segment de cercle denté; les extrémités de ce segment se prolongent horizon-

talement, et portent à leurs extrémités les tiges des pistons des deux pompes. D'après ce que nous venons d'indiquer, on voit que les cinq prétendus moyens indiqués par l'auteur se réduisent à un seul, dont les formes sont tant soi peu modifiées.

En supprimant l'une des deux crémaillères, et en garnissant la roue entière de dents, on transformera un mouvement alternatif circulaire en un autre rectiligne alternatif, dont il sera question (M 17.); tel est le mouvement qu'on a pendant long-temps employé dans la machine qu'on nomme dans les hôtels des monnaies *machine de Cas-taing*, qui sert à cordonner les flaons, mais qu'ensuite on a abandonné avec raison.

M. *Doinet*, pour éviter le moment de repos qu'on éprouve dans l'instant où le changement de direction du mouvement a lieu dans ce mécanisme, imagina le moyen aussi simple qu'ingénieux d'ajouter une dent a à la suite des autres dents qui garnissent une partie de la roue A , mais dans un plan différent, et une autre dent a' , a' à la suite de celles qui composent les deux crémaillères, et dans le même plan que la dent a . L'action de la dent a de la roue, sur les deux dents a' , a' des crémaillères, sert à continuer le mouvement de la règle TS , dans l'intervalle du temps qui s'écoule entre le moment où la roue cesse d'agir sur une des deux crémaillères, et celui où il commence à faire sentir son action sur l'autre.

Dans l'ouvrage de Bockleri, cité (E 3), on trouve le mouvement circulaire continu d'un axe vertical, transformé en rectiligne alternatif et horizontal, par le mécanisme (F 7) que nous venons de décrire. En effet, un axe vertical porte une lanterne horizontale, et les cylindres de cette lanterne engrènent avec deux rangs de chevilles placées dans les surfaces internes d'un châssis et remplacent les deux crémaillères de notre figure; on doit remarquer, dans la fig. 71 de Bockleri, que chaque crémaillère est terminée, l'une, vers l'une des extrémités du châssis, et l'autre, vers le côté opposé, par une cheville plus longue que les autres, sans doute pour corriger en partie le moment de repos qu'on éprouve dans l'instant où le changement de la direction du mou-

vient à lieu. L'auteur transforme ensuite le mouvement rectiligne alternatif horizontal, en rectiligne alternatif vertical dont il a besoin, pour faire aller le piston d'une pompe, par l'intermède d'un mouvement circulaire alternatif, et pour cela il emploie un artifice semblable à notre (N 7) ; voici comment : il met à l'extrémité de la tige du piston, une règle qui va se terminer à l'extrémité d'un cylindre ou cercle horizontal, dont l'axe est perpendiculaire au plan vertical qui passe par la tige du piston et par l'axe du châssis ; il applique aussi, à l'une des extrémités du châssis, une autre règle qui va se terminer à l'extrémité d'un autre rayon du même cylindre, lequel forme avec le rayon précédent un angle de 90. Ces règles peuvent tourner librement par leurs extrémités, ainsi que la règle *nm* de notre fig. (N 7). Ce mécanisme ressemble à celui qu'on emploie pour transmettre le mouvement rectiligne alternatif des sonnettes, d'une chambre à une autre. Il en fait d'autres applications.

(G 7.) (*Plan et élévation.*) *Planche 3.*

On a élargi un peu le châssis du mécanisme qui précède, en prolongeant les deux crémaillères, de sorte qu'elles vont aboutir aux deux petits côtés où elles se réunissent en forme de demi-cercle, et on a garni de dents toute la roue. Il a fallu, dans ce cas, employer les deux traverses *ab*, *cd* pour communiquer, sur la fin de chaque oscillation, un petit mouvement latéral au châssis, pour faciliter le changement d'engrenage. En général, ce mouvement présente des difficultés dans l'exécution, et il nous paraît peu propre à produire de grands effets.

Dans un rapport de MM. *Prony* et *Mollard*, du 15 vendémiaire an 3, sur les projets présentés au comité de domaines et aliénations, pour remplacer la machine de Marly, on trouve ce mouvement appliqué à la machine proposé par M. *White*.

Dans l'ouvrage de Bockleri, déjà cité, et dont le titre est : *Theatrum machinarum novum*, etc., on trouve ce mécanisme appliqué à transformer le mouvement circulaire continu d'un axe horizontal, en rec-

tiligne vertical alternatif, qui fait aller le piston d'une pompe; l'artifice qu'il emploie pour communiquer au châssis le petit balancement, ne nous paraît pas digne d'être imité, mais à sa place on peut imaginer une infinité d'autres moyens dont on trouvera quelques exemples dans cet ouvrage.

(H 7.) (*Plan et élévation.*)

C'est une modification du mouvement (F 7). Ayant réduit les dents de la crémaillère à une seule, on a aussi diminué le nombre de celles de la roue, et on a substitué à leur place des saillans terminés par de petites roues, afin de diminuer le frottement. On voit facilement que la forme rectiligne de la dent de la crémaillère occasionne une inégalité de vitesse dans le mouvement alternatif. Il est aisé de varier à volonté ou de rendre uniforme la loi de cette vitesse, en donnant une forme convenable à ces dents.

Cette construction est préférable à celle du mouvement (F 7), pour les machines exposées à de très-grands efforts, auxquels les petites dents ne pourrait pas résister. L'exécution de la machine devient dans ce cas moins chère; la construction et la réparation en sont aussi plus faciles.

Une application de ce mouvement à la construction d'une machine propre pour scier des pierres, se voit dans le I^{er}. vol., nos. 32 et 33 des *Machines approuvées par l'Académie des sciences*; et on trouve dans le *Traité de la gravure à l'eau forte* de l'ancienne Encyclopédie, une machine à balotter, où l'on a fait usage du même mécanisme.

(I 7.)

A est une roue qui tourne sur son axe; *n* et *m* deux brides entre lesquelles glisse la barre *PQRS* en forme de *T*; *s* est un pivot qui traverse la rainure *p q*. Le mouvement circulaire de *A* en communique un alternatif à la barre *PQ*.

Ce mouvement alternatif rectiligne, très-lent sur la fin, et accéléré vers le milieu des oscillations, est très-simple et d'une exécution facile. C'est encore une modification du mouvement (F 7).

Dans les *Machines approuvées par l'Académie des sciences*, tome I^{er}, n^o. 59, on l'a appliqué à la construction d'une machine pour scier le marbre. Dans les métiers mécaniques à tisser plusieurs rubans à la fois, on l'emploie comme moyen de percussion pour chasser la navette. On s'en sert aussi dans une machine d'économie domestique pour battre le beurre.

Dans le *Répertoire des arts et manufactures*, imprimé à Londres, vol. VIII, page 176, on voit que M. *Edmund Bunting* fait usage de ce mouvement, dans un moulin, pour calandrer les étoffes. Le moteur qu'il emploie est un cheval qui fait tourner un axe vertical, garni dans sa partie supérieure d'un pignon horizontal; ce pignon engrène avec une roue horizontale. Le mouvement circulaire continu de cette roue, est transformé en rectiligne alternatif, par le moyen que nous venons d'indiquer; la tige qui reçoit ce mouvement étant trop élevée, l'auteur transmet son mouvement alternatif rectiligne, à une autre tige qui est parallèle à la première, et qui se trouve à la hauteur qu'il désigne par l'intermède d'un mouvement alternatif circulaire (E 17); et c'est à cette seconde tige qu'il fixe son polissoir.

(K 7.)

On rendra facilement uniforme le mouvement alternatif rectiligne de la règle $PQRS$ (fig. I 7), en substituant à la rainure rectiligne $p q$ une autre rainure tracée d'une manière convenable, telle que celle représentée dans la figure (K 7).

La manière de tracer cette courbe est très-simple : on divisera la distance Cs dans un certain nombre de parties égales, par exemple, en six parties égales, $s 1, 1 2, 2 3, 3 4, 4 5, 5 C$; et on divisera de même le quart de cercle $s D$. Il est évident que les conditions du problème seront remplies, si le point de la règle qui répond à celui où se trouve dans la figure le pivot s , se trouve aussi dans les divisions 1, 2, 3, etc. du rayon $s C$, en même temps que le pivot coïncide avec les divisions 1, 2, 3, etc. de l'arc $s D$; il faudra donc déterminer la position des points 1, 2, 3, 6, de la courbe $p s q$, de manière que

chacun de ces points soit placé relativement au point s , comme les points 1, 2, 3, etc. de l'arc sD , sont placés par rapport aux points 1, 2, 3, etc., du rayon sC ; ce qui n'offre pas la moindre difficulté. On fait de même par rapport aux trois autres cadrans de la circonférence. Mais il faut remarquer qu'il y a trois cas différens à considérer, selon qu'on voudra, que pendant que le pivot s fait le second cadran de sa course, la règle PQ parcoure vers son extrémité Q , un espace égal, plus petit ou plus grand que celui qu'elle parcourt pendant que le même pivot fait son premier cadran sD : dans le premier de ces trois cas, la courbe $npmq$ a la forme d'un huit placé horizontalement, c'est-à-dire, que les points n et m se touchent; dans le second, sa forme est celle indiquée par la figure; dans le troisième, les branches pnq et pmq , se coupent en deux points; le second de ces trois cas est donc celui qu'on doit préférer dans la pratique. On enveloppera cette courbe d'une autre semblable $n'p'm'q'$, pour former une rainure capable de contenir le pivot s , garni de sa roulette de friction. La rainure rectiligne pq , de la figure qui précède, peut être percée à jour, mais celle dont il est maintenant question, ne doit pas l'être à moins de lier le noyau intérieur, ou surface enveloppée par la courbe $npmq$, avec celle terminée par la courbe $n'p'm'q'$, par le moyen d'un certain nombre de petits ponts.

(L 7.)

ab est une règle verticale, qui glisse entre les deux anneaux nm ; à son extrémité inférieure b , se trouve un pilon P ; un des côtés de la règle est garni d'une crémaillère, dans laquelle engrène une portion dentée de la roue A , dont l'autre partie est dépourvue de dents. Supposons que le pilon P tombe, par son propre poids, sur le corps M : si la roue A tourne dans le sens indiqué par la flèche, ses dents obligeront le pilon à s'élever; mais il retombera immédiatement après, par le défaut des dents d'une partie de la roue, et ce mouvement alternatif durera tout le temps que la roue continuera à se mouvoir.

C'est encore un cas particulier du mouvement (F 7). On en fait souvent usage pour écraser différens corps.

Si on transforme la crémaillère en roue dentée, qui tende à tourner dans le même sens que la roue *A*, soit par le poids *P* attaché à une corde qui enveloppe son axe, soit au moyen d'un ressort spiral, le mouvement continu circulaire de la roue *A* sera transformé en alternatif circulaire, et ce mouvement appartiendra au § IX.

Isaac de Cays, ingénieur et architecte, dans un ouvrage dont le titre est : *Nouvelle invention d'élever l'eau plus haut que sa source, avec quelques machines, par le moyen de l'eau*, etc., imprimé à Londres, l'an 1644, applique ce dernier mécanisme (que nous n'avons fait qu'énoncer comme devant appartenir au § IX), au mouvement des pistons à deux pompes. L'auteur fait tourner une roue verticale, à demi dentée, par l'action immédiate d'un moteur ; il place à droite et à gauche de cette roue, deux autres du même diamètre, qu'il suppose aussi à demi dentées, mais que l'on peut supposer entièrement dentées, d'après ce que nous venons d'exposer ; chaque tige du piston des deux pompes communique avec l'une de ces deux dernières roues par le moyen d'une corde qui est attachée à l'extrémité de la tige, et va s'envelopper dans le cylindre ou axe de la roue ; la corde est enveloppée de manière à ce que le piston tend, par son poids, à faire tourner la roue dans le sens qu'il faut, pour transformer le mouvement circulaire continu de la roue motrice, en circulaire alternatif des deux autres roues latérales ; par conséquent, les pistons auront le mouvement rectiligne alternatif, qu'ils doivent avoir, et l'un montera, pendant que l'autre descendra par son propre poids. L'auteur, sans doute pour faciliter la descente du piston, emploie une corde, laquelle, après avoir passé par une poulie de renvoi placée au-dessus de la roue du milieu, va s'enrouler dans les axes des deux roues latérales, dans le même sens que les cordes correspondantes des pistons ; c'est ainsi que quand l'un des pistons monte, une partie de l'action de la puissance est en même temps employée à favoriser la descente de l'autre piston ; en tournant la roue dans le sens convenable,

le piston a à vaincre une résistance au moins équivalente à l'inertie de la roue, à son frottement, et à la rigidité de sa corde, en un mot, égale à la force nécessaire pour mettre en mouvement cette roue.

(M 7.)

C'est une modification du mécanisme qui précède. On réduit les dents de la crémaillère à une seule, et on garnit la roue de cames, dont la courbure est telle que la résistance devient constante. La construction de ces courbes est très-aisée; elle se trouve dans le *Mémoire* de M. *Deparcieux*, déjà cité (A 7). Ce mécanisme sert aux mêmes usages que celui qui précède.

(N 7.)

Le mouvement circulaire de la roue *A* communique, par l'intermédiaire de la règle *nm*, un mouvement rectiligne alternatif à la règle *pq*, qui glisse entre deux tenons, tels que *t*. La réciproque aura lieu si *A* fait les fonctions d'un volant.

L'étendue de la marche rectiligne alternative de la tige *pq*, augmente ou diminue à mesure que le point de rotation *m*, s'éloigne ou s'approche du centre du cercle *A*.

Si on supprime la règle *pq*, et qu'on fasse passer la règle *nm* à travers l'ouverture circulaire, qu'on peut supposer faite dans le tenon *t*, la règle *nm* aura un mouvement alternatif composé, et semblable à celui de la tige *EF G*, dans la fig. (L 10). Dans le 1^{er}. vol., p. 104 de l'ouvrage de M. *Alexandre Mabyn-Bailey*, imprimé à Londres en 1782, grand in-folio, on trouve la description du devidoir à soie, employé en Italie; le mouvement horizontal alternatif du conducteur de la soie, est donné par ce mécanisme; le point que nous avons marqué *m*, est porté par une règle qui glisse à coulisse, sur la surface du cercle *A*; par ce moyen, on peut l'approcher ou l'éloigner à volonté de son centre. Le cercle *A* est horizontal, il reçoit son mouvement de rotation par le moyen d'une corde sans fin; et, pour conserver la corde toujours également tendue, le cercle *A* est porté par une pièce de bois qui glisse dans une coulisse ou rainure faite à la surface supérieure

d'une pièce verticale, aussi de bois; un poids tend à éloigner la roue A de celle qui se trouve dans l'axe du dévidoir.

(O 7.)

AB est un cylindre tournant autour de son axe; on voit à sa surface deux cannelures semblables à celle d'une vis, creusées dans des sens opposés, et qui vont se réunir aux deux extrémités du cylindre; *C* est une pièce saillante qui remplit exactement la cannelure, et qui surmonte une tige *CD*, qui traverse une rainure pratiquée dans la traverse fixe *EF*. Le mouvement circulaire du cylindre fait aller et venir le corps *C*, par son passage alternatif de l'une des hélices, dans l'autre. Ce mouvement est très-ingénieux, et peut avoir un grand nombre d'applications; il nous a été communiqué par son inventeur, *M. Barthélemy Sureda*, Espagnol, mécanicien fort habile.

(P 7.)

AB est une traverse percée d'une rainure *pq*, dans laquelle l'axe *n* de la roue dentée *E*, peut se mouvoir librement. *CD* est une barre garnie de dents, qui s'engrènent dans la roue, et que l'on fixe à la planche ou à la règle à laquelle on veut donner le mouvement alternatif en ligne droite, et qui glisse entre les deux tenons *a* et *b*. Quand la règle dentée *CD* est arrivée au bout de son chemin, il faut que les obstacles *α* et *ε* rencontrent les ressorts *rs*, *ut*, pour la forcer à revenir et à s'engrèner de nouveau.

Ce mouvement est d'une construction difficile; d'ailleurs la faiblesse des dents de la roue empêche qu'on y emploie une grande force; c'est pourquoi nous le croyons peu propre à entrer dans les machines à recevoir les pilotis, comme quelques mécaniciens ont voulu en faire usage.

(Q 7.) (*Plan et profil.*)

ABC couronne circulaire dont l'intérieur est denté; *D* cercle aussi denté dont le diamètre est égal au rayon de la couronne avec laquelle il s'engrène; l'axe brisé *nmpq* tourne dans le centre de la couronne, soutient d'un côté le centre de la roue *D*; et de l'autre, offre une ma-

nivelle à la puissance qui doit communiquer le mouvement de rotation à la roue *D* ; pendant que cette roue tourne autour de son centre , parcourant le contour de la couronne , chacun des points de sa circonférence trace un diamètre de la couronne. Ce théorème a été démontré par *M. de la Hire*, de l'Académie des sciences , dans son *Traité des épycloïdes , et de leurs usages dans la mécanique*. Mém. de l'Acad., tom. IX, pag. 389.

White présenta un modèle de ce mouvement à l'avant-dernière exposition des produits de l'industrie nationale. (*Voyez sa description dans les Annales des arts*, tom. XIX, pag. 294).

(R 7.)

Deux roues dentées *A* et *B*, telles qu'elles sont représentées dans la figure, produisent un mouvement alternatif dont le nombre d'allées et de venues, leur étendue et leur vitesse varient à l'infini, soit par les différens rapports de leurs diamètres, soit par les divers arrangemens et proportions de leurs parties ; mais tous ces mouvemens peuvent être exactement imités par celui (A 7).

Il en est de même des mouvemens (S 7, T 7). On trouvera un exemple de ce genre de mouvemens alternatifs dans la planche 21, tome I^{er}. des planches pour les manufactures de l'Encyclopédie par ordre de matières, au dévidage des soies.

(U 7.) (*Plan et élévation.*)

abc est une couronne circulaire garnie de dents dans toute sa partie concave et convexe ; elle est fixe au grand disque circulaire *D*, qui tourne sur son axe, laissant une partie vide, telle que la roue dentée *d* puisse y passer librement ; elle se termine en deux portions d'arcs de cercle garnies aussi de dents. La roue dentée *d* tourne autour de son axe, lequel a la facilité de se mouvoir dans la rainure *mn* ; les deux ressorts *p* et *q*, s'appuyant alternativement sur les deux détentes *r* et *s*, déterminent le mouvement alternatif circulaire du disque *D* ; c'est une modification du mouvement (P 7). Le mouvement alternatif circu-

laire du disque D sert d'intermède, pour en communiquer au corps F un autre alternatif rectiligne, par le moyen d'une corde sans fin qui enveloppe le disque, et passe par les deux poulies de renvoi S et T . C'est comme exemple de la manière de faire usage d'un mouvement intermédiaire, et par l'analogie qui règne entre ce mouvement et celui (P 7), que nous nous sommes permis de placer ici ce mouvement, qui appartient, à la rigueur, au § IX.

Il serait difficile de faire coïncider les dents de la roue d avec celles de la couronne intérieure et extérieure, dont les formes ne peuvent pas être les mêmes : on rendra la chose moins difficile, en employant deux roues d placées l'une sur l'autre sur le même axe, et séparant également les plans des deux couronnes intérieure et extérieure ; en sorte que chacune d'elles ne puisse rencontrer d'autres dents que celles de la roue d correspondante, comme on le voit dans la figure.

(A 7'.) *Planche 4.*

Dans une même figure on a réuni deux moyens très-connus de transformer le mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif, en employant soit un axe coudé, soit un cercle dont le plan est incliné à son axe de rotation. M. Prony a donné une théorie des manivelles brisées dans le *Journal des mines*, n°. 3.

On trouve dans le tome IV, n°. 266 des *Mémoires approuvés par l'Académie*, l'application de cette manivelle au mouvement d'un piston, par M. Jean-Léonard Laesson. Cet auteur y donne la construction fort simple d'une manivelle dont le coude peut être allongé ou raccourci à volonté.

Leupold, dans son ouvrage *Theatrum machinarum hydraulicarum*, tom. II, planch. 36, fig. 1 et 2 ; et Ramelli, dans le sien, dont le titre est *Le diverse et artificiose machine del capitano Agostino Ramelli, etc., a Parigi*, 1588, fig. 57, appliquent le second de ces deux mécanismes au mouvement des pistons des pompes. Une roue hydraulique fait tourner un axe vertical, cet axe porte un cercle dont le plan leur est incliné, les tiges verticales des pistons ont des

mentonnets garnis de rouleaux de frottement, et s'appuyent sur le bord de la surface du cercle incliné; c'est ainsi que le mouvement circulaire de l'axe vertical de la roue hydraulique communique aux tiges des pistons un mouvement rectiligne alternatif. Les tiges des pistons sont maintenues dans une position verticale par des coulisses garnies aussi de leurs rouleaux pour diminuer le frottement. Un double mentonnet, c'est-à-dire, un mentonnet qui viendrait s'appliquer contre la surface inférieure du cercle A , servirait à aider le piston dans sa descente, et rendrait le mouvement plus uniforme.

(B 7'.)

La grande roue R tourne autour de son axe; sa surface est garnie de trois rouleaux m, n, p , sur lesquels vient s'appuyer successivement le rouleau q qui se trouve à un bout P du levier PGH dont les bras font un angle droit. L'autre bout tend à faire tourner, par l'action d'un ressort ou d'un poids, le levier P vers H ; l'extrémité H aura un mouvement alternatif circulaire, et par conséquent appartenant au § IX; il se changera en rectiligne alternatif par le moyen d'une poulie de renvoi f . M. *Genssane* applique ce mouvement à la construction d'une lanterne substituée à la place des manivelles. (*Machines approuvées par l'Académie des sciences*, tom. VII, n°. 442.)

(C 7'.)

S est un volant garni d'un pignon p ; P et Q deux roues dentées qui s'engrènent entre elles; P s'engrène aussi avec le pignon p ; nm, st , sont deux manivelles fixes aux axes des roues P et Q ; mf, sg , deux tiges dont les bouts tournent librement, et communiquent à la grande tige HR un mouvement alternatif rectiligne, pendant que le volant S tourne circulairement dans le même sens: la réciproque a lieu dans ce mouvement.

L'application de ce mouvement se trouve dans un mémoire sur la nouvelle pompe à feu inventée par *Cartwright*, inséré dans le n°. 1^{er}. des *Annales des arts et manufactures*. On peut supprimer les deux

manivelles nm et st , en substituant deux goupilles sur les circonférences des roues P , Q ; mais on les a conservées pour plus de facilité dans la construction. Dans le n°. 25 de ce même journal, le rédacteur, *M. O'Reilly*, propose une nouvelle pompe à feu sans balancier, dans laquelle il adopte le volant de *Cartwright*.

(D 7'.) (*Plan et élévation.*)

S est un volant; l'une des extrémités de son axe est garnie de deux roues à rochet R ; dans l'intervalle de ces deux roues il y en a deux autres dentées qui entrent dans l'arbre du volant par frottement doux. L'une et l'autre ont un cliquet p placé dans le même sens dans chacun des côtés opposés, en sorte qu'il faut qu'elles tournent en sens opposé, pour que le cliquet agisse sur la roue à rochet qui le touche immédiatement. PQ est une grande tige qui glisse entre deux tenons, et qui, se partageant en deux, forme une espèce de châssis garni de crémaillères fg , hi , qui ne sont pas dans le même plan. fg s'engrène avec la roue N , et hi avec la roue M . Si l'on suppose que la tige PQ se meuve de Q en P , la crémaillère hi agissant sur la roue N par son cliquet p , communiquera au volant S un mouvement de rotation dans le sens indiqué par la flèche, tandis que la roue N tournera sans lui imprimer aucun mouvement. Quand la tige revient de P vers Q , la roue N communique au volant un mouvement circulaire dans le même sens. On peut supprimer l'une des deux roues avec sa crémaillère; le volant SS par son inertie n'en continuera pas moins à se mouvoir dans le même sens, comme cela a lieu dans le mouvement (G 9); mais l'action du moteur agit sur le volant alors d'une manière inégale, c'est pourquoi ce mécanisme est préférable. (La réciproque n'a pas lieu.)

Dans un modèle du *Muséum des machines* de Paris, où l'on s'est proposé d'appliquer la pompe à feu comme moteur, pour que les bateaux remontent les rivières, on a appliqué ce mouvement au volant de la pompe où PQ est la tige du piston; mais il était déjà connu.

Remarque.

Si l'on fait entrer une roue à frottement doux, dans l'axe d'une autre qui tourne toujours dans le même sens, par l'action d'un moteur quelconque, tous les moyens qu'on pourrait inventer pour fixer alternativement la première de ces deux roues à la seconde, et pour la dégager, l'abandonnant à son simple frottement, pourront aussi s'employer pour lui communiquer l'action du moteur, ou pour la soustraire à l'influence de cette même action; et dans ce dernier cas, elle restera en repos si, par son inertie ou par la résistance qu'elle oppose à l'axe de la seconde roue, elle peut vaincre son frottement; ou elle obéira à l'action de toute autre puissance tendante à la mettre en mouvement. C'est ainsi qu'on arrête le mouvement d'une machine sans interrompre l'action du moteur, ou qu'on la soustrait à son action pour l'abandonner à celle d'un autre. Toutes les sonnettes se trouvent dans ce dernier cas; nous allons donner quelques exemples plus ou moins ingénieux que l'on a employés pour abandonner le mouton à l'action de la gravité, du moment qu'il est arrivé au maximum de son ascension par l'action du moteur, quoique nous croyions que celui indiqué par (I. 7') est le plus simple, et peut les remplacer dans tous les cas avec succès. Mais, auparavant, nous nous arrêterons un moment pour faire voir quels sont les moyens que l'on peut employer, 1°. pour arrêter le mouvement de la machine, quand on suspend l'action du moteur, sans la soustraire en même temps aux efforts de la résistance; 2°. pour éviter les conséquences funestes qui résultent dans toutes les machines destinées à produire de grands efforts, comme sont, par exemple, les cabestans, les treuils, les machines à nettoyer les ports de mer, etc., etc., quand, à la suite d'une forte secousse, ou par d'autres causes quelconques, la résistance l'emporte sur le moteur et communique à la machine un mouvement rétrograde, ou quand les cordes ou les câbles qui transmettent l'action du moteur à la résistance, viennent à casser, et la machine acquiert une grande accélération de mouvement dans la même direction; 3°. pour

éviter les conséquences fâcheuses qui résulteraient dans les cas où , par le dérangement de quelque partie de la machine , par des obstacles naturels ou par ceux que la malveillance ou le hasard peuvent interposer , ou par d'autres accidens , les résistances deviennent invincibles , ou plus grandes que celles que la machine peut vaincre.

Pour arrêter le mouvement de la machine, quand on suspend l'action du moteur, sans la soustraire en même temps aux efforts de la résistance , on emploie en général une roue à rochet avec son cliquet que l'on fait agir , arrêtant par degrés l'action du moteur , comme il arrive dans les manœuvres ordinaires du cabestan , etc. , etc. (1).

Quand la résistance l'emporte sur le moteur, le mouvement rétrograde de la machine produit en général une telle secousse, qu'il devient inutile et même très-dangereux de vouloir l'anéantir en lui opposant une résistance invincible comme celle des cliquets ordinaires; dans ce cas, il faut amortir la secousse, et on ne peut employer, à notre avis, avec l'espoir d'un succès certain, que la résistance croissante que produit le frottement d'une *bride* ou *frein*, soit sur l'axe de rotation ou encore mieux sur un grand *tambour* fixé au même axe; en effet, rien de plus curieux que la méthode employée en Angleterre, pour descendre des fardeaux très-pesans que l'on a élevés avec des machines, ou qui se trouvent déposés dans des magasins établis aux étages supérieurs des maisons. Voici comment s'exécute cette manœuvre.

Soit *A* (fig. 1) planche 12, une roue dentée, mise en mouvement par le pignon *B* qui obéit à l'action immédiate du moteur; le poids est suspendu à l'extrémité de la corde *D* qui passe par une poulie de renvoi et vient s'enrouler dans l'axe *C* de la roue *A*; *t* le tourillon de la même roue; la bride est composée du levier *mn* tournant sur l'axe de rotation *q*; il est garni de son coussinet concave *p*, qui doit

(1) Dans le Bulletin de la société d'Encouragement, 14^e. année, 1815, pag. 11, on trouve la description d'un *encliquetage* particulier, imaginé par M. Dobo; M. Borgnis dans son traité de la *Composition des machines*, le place dans la 17^{ème}. variété de la 4^{ème}. espèce du 1^{er}. genre de la 2^{ème}. classe du 5^{ème}. ordre. — *Régulateurs*.

s'appliquer contre l'axe *C*, et du contre-poids *H* qui sert à la soulever, comme on le voit dans la figure; l'obstacle *r* maintient la bride dans cette position.

Quand on veut décharger le poids suspendu par la corde *D*, on écarte le pignon *B* de la roue dentée *A*, ou on le soustrait à l'action du moteur par le moyen (17'); le poids tombe, et, quand il se trouve à 3 ou 4 pieds du pavé, où il serait mis en morceaux, on pèse fortement sur l'extrémité *m* du levier, et le coussinet *p*, par son frottement avec l'axe *C*, amortit promptement sa vitesse.

Dans le *Traité élémentaire de Minéralogie*, par M. Brongniart, tome II, page 302, on trouve la description d'une machine à *molette* ou *barillet*, dont on arrête le mouvement sur-le-champ, quand les circonstances l'exigent, quel que soit, dit l'auteur, l'effort des chevaux ou le poids du mineur, par le moyen d'un *frein* composé de deux *brides* semblables à celle que nous venons de décrire, et qui forment une tenaille; l'écartement des extrémités de cette tenaille oblige à mettre vers le milieu de la distance qui les sépare, une espèce de petit cabestan, que l'ouvrier fait tourner quand il faut arrêter la machine.

Ce sont donc les *brides* ou *freins* qu'il faut employer pour arrêter une machine emportée par un mouvement rapide et rétrograde.

Voici comment on pourrait s'y prendre, dans ce cas, pour profiter du mouvement de la machine pour serrer la bride. Soit *A* (fig. 2) le tambour fixé à l'axe de la machine; ce tambour est garni d'une roue à rochet *R*, et tourne dans le sens indiqué par la flèche; *mn* est le levier du frein; *p*, le coussinet; *cc*, un cliquet suspendu par la corde *f* à l'extrémité *b* du levier *ab* qui tourne du point *a*, et s'appuie sur la petite poulie qui se trouve à l'extrémité *m* de la bride *nm*; la pièce de bois *F* empêche le cliquet de monter par le moyen d'une pointe saillante *s*, pendant que le ressort *o* tend à l'approcher de la roue à rochet, et, par sa courbure, le soutient quand il est en mouvement dans le petit espace qu'il doit parcourir. Si le mouvement devient rétrograde, le cliquet est entraîné, la bride agit, et la machine se trouve arrêtée sans secousse, et, par conséquent, avec le moins d'inconvéniens possible.

Supposons maintenant que la machine est entraînée dans la direction de son mouvement; et, pour éviter la multiplication de figures, imaginons que le tambour A dans la même (fig. 2), tourne dans un sens contraire à celui indiqué par la flèche; il faudra suspendre l'action du ressort ν sur le cliquet cc , par le moyen d'une détente, afin de rendre possible son mouvement; et faire en sorte que, dans le cas d'une accélération extraordinaire et instantanée de ce même mouvement, la détente cesse d'agir sur le ressort, et la machine se trouve arrêtée de la même manière que dans le cas précédent; on emploiera pour cela, avec succès, le régulateur (N 7') et le mouvement (G 8); la roue A de ce mouvement représente le tambour A de la (fig. 2), et l'axe du régulateur peut être représenté par l'axe de la roue B , (figure G 8), que l'on placera dans la partie supérieure de la roue A (fig. 2).

On pourrait aussi profiter de la tension de la corde Q qui communique l'action du moteur à la résistance, pour maintenir le cliquet cc éloigné de la roue à rochet; cette corde venant à casser, le cliquet obéirait à l'action du ressort ν ; ce mécanisme serait moins compliqué que le précédent, et son action plus prompte; tout se réduirait à une corde très-mince dd attachée d'une part à l'extrémité du ressort ν , et de l'autre à la petite tige gg qui glisse entre les soutiens $g'g'$; cette tige porte la petite poulie t qui s'appuie sur la corde Q ; on tend la corde d de manière à empêcher l'action du ressort ν sur le cliquet cc ; si la corde Q vient à manquer, le ressort ν pousse le cliquet et la machine est arrêtée.

On remarque dans les environs de Paris un grand nombre de roues garnies de chevilles dans leurs circonférences, telle que celle représentée dans la fig. 3, Planche 12, et qui servent à l'exploitation des carrières à pierres à bâtir. *M. Martin*, mécanicien très-connu, croit que les ouvriers employés à ce genre de travail seraient à l'abri des accidens malheureux qui leur arrivent quelquefois, par le moyen suivant : un gros madrier $p q$ tourne autour du point fixe a ; il soutient d'un côté la roue A dont l'axe le traverse en c , et de l'autre un contre-

poids Q capable de soulever la roue A ; l'ensemble forme un système absolument semblable à celui d'une *romaine*, chargée du fardeau que l'on veut peser et dont la roue A tient ici la place, et du poids curseur remplacé par le contre-poids Q ; la différence est que, dans le cas dont il est question, l'équilibre n'a pas lieu, puisque le contre-poids doit l'emporter sur le fardeau. B C est un pied-droit; f e un madrier qui tourne autour du point f , et qui porte le coussinet q ; e d une tige soit en bois, soit métallique, tournante autour des axes de rotation e et d ; n n la corde qui sert à retirer les pierres de la carrière P ; r une roue à rochet fixée à l'axe de la roue A avec son cliquet v qui tient au pied-droit B C . Il est inutile de prévenir que, de l'autre côté de la roue A , il doit se trouver un autre pied-droit correspondant à celui qu'on voit, D E , pour soutenir l'autre axe de rotation a de la bascule p q , qui doit avoir la forme d'une fourche, dans laquelle entre la roue A , et dont les côtés doivent laisser l'espace nécessaire pour donner un libre passage à ses chevilles. On attache la pierre qu'on veut extraire à une des extrémités de la corde n , et les premiers efforts qu'on fera pour mettre la roue A en mouvement dans la direction indiquée par la flèche, la feront descendre jusqu'à ce que l'extrémité p de la bascule vienne s'appuyer contre un obstacle invincible; le coussinet q s'élèvera, et la manœuvre n'éprouvera aucune difficulté; on pourra la suspendre quand on voudra, grâce à la roue à rochet, et, si la corde vient à manquer à l'instant même, la roue s'élèvera par l'action du contre-poids Q , le coussinet q de la bride descendra, et la secousse se trouvera amortie.

Dans l'ouvrage de M. *Bailey*, déjà cité (E 4), tome I^{er}, page 146, on trouve la description d'une *grue* de l'invention de M. *Pinchbeck*, dans laquelle on voit une bride qui agit par un mécanisme trop compliqué pour être adopté, en supposant même qu'il puisse remplir l'objet qu'on se propose; ce mécanisme fait mouvoir un soufflet, et l'air de ce soufflet est le moteur qui doit servir à presser la bride contre la roue.

On empêchera l'action du moteur, sur une machine quelconque,

quand la résistance passera une limite déterminée , de la manière suivante :

Soit *M*, l'axe mis en mouvement par la puissance , *N* celui qui communique avec toutes les autres parties de la machine : on désire que dans le cas où la résistance éprouvée par la machine est plus grande que la limite que l'on veut lui assigner , pour veiller à sa conservation , elle s'arrête sans que le moteur suspende son mouvement, et sans interrompre la communication entre les deux axes *M* et *N*.

AA est une pièce en fer , fixée à l'arbre *N* ; elle est composée , comme on le voit dans la fig. 3 , planche 12 , d'une plaque circulaire dont la surface du côté de *N* , est plane , et celle tournée vers l'axe *M* , est garnie de deux couronnes circulaires *nn* et *mm*.

BB est une autre pièce en fer , formée d'une plaque circulaire ; sa surface , du côté de la pièce *A* , est garnie d'une couronne circulaire *p* , qui entre à frottement doux dans la cavité de la pièce *A* et de la dent *b* ; dans l'autre surface opposée , on voit les deux pièces saillantes *a, a* , destinées à rencontrer les saillans *s, s* de la pièce *C* , et un fort bec saillant *b* , qui se prolonge vers la surface opposée , et entre dans le vide que laissent les extrémités de l'anneau , ou ressort circulaire, *DD* , faisant les fonctions de bride.

DD , anneau ou ressort circulaire , qui embrasse la gorge formée par les bords de la pièce *A* , et sa couronne *mm* ; on peut serrer cet anneau , ou bride , plus ou moins , par le moyen de la clef *E* , et par conséquent , augmenter ou diminuer son frottement à volonté , et selon le degré de résistance convenable , pour que l'arbre *N* s'arrête , l'arbre *M* continuant son mouvement , celui-ci conduira la pièce *B* et la bride , quand la communication sera établie , moyennant la pièce *C* , qui tourne avec lui , et peut glisser dans la direction de son axe , comme il arrive dans le mouvement (17) à la roue *C* ; ses deux espèces de dents saillantes *s, s* rencontrent les obstacles *a, a* de la pièce *B* , quand on rapproche *C* de *B*. En l'écartant , l'action du moteur est suspendue , quelle que soit la résistance que l'axe *N* éprouve.

Il est évident que , si on serre fortement la clef *E* , et qu'on établisse

la communication , en rapprochant C de B , les deux arbres M et N tourneront comme s'ils n'étaient qu'un même arbre ; si on la relâche entièrement , l'arbre M entraînera , dans son mouvement , la pièce B et la bride DD , mais l'arbre N restera en repos : on serre alors la clef jusqu'à ce que N tourne , et on voit que la solution du problème devient très-facile par ce moyen.

$M.$ *Bétancourt* a fait une application très-heureuse de ce mécanisme, dans la machine à nettoyer les ports , qu'il a construite à Saint-Petersbourg.

On trouvera aussi ($L\ 7'$), un mécanisme qui a pour objet de mettre une machine à l'abri des efforts supérieurs, à une limite donnée.

($E\ 7'$)

Machine pour battre des pilotis, inventée par M. Camus (Machines approuvées par l'Académie , tome III , n°. 140).

Le mouton A est attaché à l'extrémité d'une corde qui passe sur les poulies B, C , et va s'envelopper au rouleau D , qui , avec le levier I , est la partie principale de la machine , dont le jeu dépend de la manière dont ce rouleau se joint au cabestan. Le cabestan et le rouleau ont le même diamètre et le même axe ; le rouleau doit être cerclé de fer , avec deux ou quatre pointes ou chevilles de la même matière , attachées au cercle EF .

Le cabestan G supporte le levier HI , lequel a un talon F , qui avance sur le rouleau , et est attaché au cabestan par une charnière , de manière qu'il peut et se baisser , en pesant sur son extrémité I , et se relever au moyen du ressort L . On fait agir cette machine en appliquant les hommes aux leviers O, M, N, P , qui font tourner le cabestan et le rouleau qui est fixé au cabestan , par le levier FI , appliqué à une de ces chevilles ; ainsi la corde s'enveloppe sur le rouleau , et le mouton s'élève le long du montant VY . Quand celui-ci arrive à sa plus grande hauteur , l'homme placé à l'endroit N de la barre , pèse sur le bout I du levier et le fait baisser ; alors la pointe du rouleau échappe au talon du levier qui le retenait , et le mouton tombe ; on laisse ensuite échap-

per le levier que le ressort L relève, et il va rencontrer une autre cheville qui joint de nouveau le rouleau au cabestan, et ainsi de suite.

Nous remarquerons que ce mouton, et tous ceux qui entraînent la corde dans leur chute, perdent par cela même une grande partie de leur énergie.

(F 7'). (*Plan et élévation*).

pq est un axe de fer tournant toujours dans le même sens, soit par l'action des hommes qui agissent sur les barres d'un cabestan, soit par l'effet d'un autre moteur quelconque; il traverse les deux tambours de bois A et B , qui ne tiennent à l'axe que par un frottement doux.

Le tambour inférieur A , repose sur le plancher; il est garni de deux surfaces rampantes abc , $a'b'c'$, l'une extérieure et l'autre intérieure, faisant chacune un tour de sa circonférence, en forme d'escalier sans noyau, ou de *vis à jour*. Ces surfaces sont situées de manière que leurs origines a et a' , ainsi que leurs extrémités, se trouvent aux deux bouts d'un même diamètre. Ce même tambour A est garni d'une roue à rochet r , et d'un cliquet s , qui l'empêche de tourner dans le sens de la direction du moteur.

Le tambour supérieur B est creusé dans sa partie intérieure, et garni de deux tiges verticales n , m , qui portent deux rouleaux dont la hauteur égale celle du tambour inférieur; c'est par ces deux rouleaux qu'il se soutient sur les plans inclinés du tambour A , conservant une position horizontale. Il porte aussi une barre de fer t très-solide, terminée à la hauteur de sa surface inférieure, et sa surface convexe est creusée en gorge pour recevoir la corde du mouton.

Quand les rouleaux fixés sur les tiges n , m , se trouvent à l'origine des plans inclinés, le tambour B est à son *maximum* de descente; et si on fait tourner celui-ci dans une direction contraire à celle que nous supposons au moteur, c'est-à-dire dans le sens cba , les deux rouleaux rencontreront les deux têtes des surfaces rampantes, et contraindront le tambour A à tourner également. Mais si B tournait dans la direction du moteur, A resterait immobile, et B s'élèverait verticale-

ment, en tournant au moyen des deux rouleaux, à la hauteur des deux surfaces sur lesquelles il est assis.

L'axe en fer pq a une forte traverse en fer ii' placée de manière qu'elle touche presque à la partie supérieure de la cavité du tambour B , quand celui-ci se trouve le plus bas possible.

Ce que nous avons dit étant bien compris, il sera aisé de se rendre compte de la transformation en mouvement rectiligne alternatif du circulaire continu, transmis par le moteur à l'axe pq . Supposant, 1°. le tambour B au *maximum* de sa descente, 2°. la barre ii' en contact et prête à agir sur la pointe i , 3°. le mouton M sur la tête du pilotis, 4°. la corde dd' tendue; l'axe pq par son mouvement fera tourner B , qui élèvera le mouton d'une hauteur égale à sa circonférence; alors la barre de fer i échappe la traverse ii' , et le tambour B , obéissant à l'action du mouton M , tourne en sens opposé et le laisse tomber. Par conséquent, le tambour B aura un mouvement alternatif circulaire, tandis que le mouton M en aura un autre alternatif rectiligne; et l'espace qu'il parcourt, dans ce cas, est égal à la circonférence du tambour B .

Supposons tout dans l'état primitif, et qu'on fasse tourner, par exemple, le tambour inférieur A d'une demi-circonférence, dans le sens opposé au mouvement du moteur. Dans ce cas, quand le tambour B aura fait la moitié d'une révolution, le mouton M tombera; par là on aura diminué de moitié l'étendue des oscillations circulaires du tambour B et de celles du mouton.

Ce mécanisme très-ingénieux est susceptible d'une construction simple et solide; il a d'ailleurs, ainsi que nous venons de le démontrer, la propriété de pouvoir faire parcourir au mouton, depuis le plus petit espace jusqu'au plus grand, qui est égal à la circonférence du tambour B .

(G 7'). (*Profil et élévation*).

AB est un axe que la puissance fait tourner toujours dans le même sens; la roue C , taillée en gorge, entre dans ce même axe AB , par

frottement doux, mais sans pouvoir glisser le long de AB , et dans une de ses faces on a fixé une goupille s ; nm est une barre élastique fixée à l'axe AB ; r est un plan incliné qui se trouve placé hors du cercle C , et dans la direction de son plan; la corde ct a une de ses extrémités fixe, dans la gorge de la roue C , et l'autre est attachée au fléau pq ; qui tourne autour de son axe p .

Quand l'axe AB tourne, la barre élastique nm rencontre la goupille s , et oblige aussi à tourner le cercle C qui lève le fléau pq ; mais la barre nm rencontrant le plan incliné r , s'écarte du cercle C , et laisse échapper la goupille s ; alors ce cercle reste abandonné à l'action du fléau qui tombe, et on continue ainsi.

M. Dubuisson a appliqué ce mécanisme (qui n'est qu'une modification de celui que nous avons donné (E 7')) à une machine pour battre le plâtre, qui se trouve dans la *Collection des Machines approuvées par l'Académie des sciences*, tom. VI, n. 407.

(H 7')

Extrait du Rapport de MM. Prony et Molard, sur les projets présentés au Comité de domaines et aliénations, pour remplacer la machine de Marly, imprimé par ordre de la convention nationale. A Paris, de l'imprimerie nationale. Du 15 vendémiaire an 3 de la République.

Machines du citoyen White.

Pag. 15. « Voici maintenant l'explication des roues de détente. La pièce A est fixée à un arbre tournant toujours dans le même sens, et la roue B emboîtée sur le même arbre, à frottement doux, afin de pouvoir tourner dans des sens contraires. Cette roue est garnie d'une détente C , à laquelle s'accroche la pièce A , qui fait ainsi monter la chaîne D , à laquelle est attaché un des pistons, jusqu'à ce que l'extrémité de la détente venant s'appuyer contre une cheville, ou arrête E , la pièce A se décroche, et le piston suspendu à la chaîne D descend par son propre poids, en faisant tourner la roue B . »

AB est un axe qu'on suppose toujours tourner dans le même sens , par l'action d'une puissance quelconque ; *C* un cercle ou bien une roue dentée qui entre dans l'axe *AB*, à frottement doux , et qui a deux mortaises *a* et *b* , pour recevoir les goupilles *m* et *n* ; *D* est un autre cercle qui entre , à frottement doux , dans la portion *pq* de l'axe *AB*, qui , au lieu d'être cylindrique , comme le reste de l'axe , est quadrangulaire. Dans ce cercle sont attachées deux petites goupilles *m* et *n* ; au moyen de la fourche *hf* , on peut approcher ou écarter le cercle *D* à volonté.

Les choses se trouvant dans l'état que la figure représente , le cercle *C* peut rester dans l'inaction en vertu de quelque obstacle extérieur , ou obéir à l'action du moteur qui le fasse tourner dans un sens opposé à celui de l'axe *AB* ; en un mot , on peut le regarder comme absolument indépendant du mouvement de cet axe , sauf le petit frottement qu'il éprouve vers son centre : mais , si , par le moyen de la fourche *hf* , on approche le cercle *D* du cercle *C* de manière que les mortaises rencontrent les parties saillantes *m* et *n* , alors la roue *C* obéit nécessairement à l'action de l'axe *AB* , jusqu'à ce qu'on vienne de nouveau à écarter la roue *D* , et ainsi de suite. Le ressort *c* tend à éloigner le collier *D* , de la roue dentée *C* , afin de la soustraire à l'action du moteur ; la détente *st* dont on voit le plan et le profil , tourne autour de l'axe *i* ; l'obstacle *e* d'une part , le ressort *k* de l'autre , déterminent la position et l'étendue de ses mouvemens ; si on tourne le levier *fh* de manière à ce que la communication du mouvement ait lieu , la détente *ts* arrêtera le ressort *c*. Quand on veut suspendre l'action du moteur sur la machine , il faut presser légèrement sur l'extrémité *t* de la détente , le ressort *c* agit sur l'extrémité *h* du levier *fh* , et le collier *D* s'écartera de la roue *C* sur laquelle le moteur n'a plus d'action.

C'est par ce mécanisme qu'on peut arrêter le mouvement d'une machine ; 1°. à une heure donnée , 2°. dans les moulins quand la

graine est finie, 3°. dans les métiers mécaniques à tisser, quand la navette volante se trouve arrêtée dans sa course.

Le premier cas n'offre pas la moindre difficulté ; il suffit de faire agir le poids d'une montre à réveil sur l'extrémité *t* de la détente, qu'on peut rendre aussi sensible que l'on voudra.

Dans les moulins, on peut arrêter le mouvement quand la graine est finie, profitant du même mécanisme que l'on emploie, dans ce cas, pour appeler l'attention du meunier, pour faire partir la détente.

Il arrive souvent, dans les métiers mécaniques à tisser, que la navette volante se trouve arrêtée dans sa course, soit par un fil qui casse, ou par une autre cause quelconque. Pour prévenir les désordres qui résulteraient dans ce cas, il faut se rappeler que quand on pousse la *chasse* du côté du *grand ensoupleau* sur lequel est enroulée la *chaîne*, la navette volante part par la percussion qu'elle reçoit du *chasse-navette*, et traverse la *foule* ouverte par les *lisses* : la chasse revient immédiatement après vers le *petit ensouple de travail* pour frapper la *trame* ; et que la chasse dont on voit la coupe *A* (fig. T), à côté de (I 7' et K 7'), parcourt avec un mouvement circulaire alternatif l'arc *ab* dont le centre ou axe de rotation *c* traverse les semelles du bâtis du métier : ce mouvement ne doit pas être uniforme, il doit être ralenti vers l'extrémité *a* de l'arc *ab* que nous supposons être celui qui se trouve du côté du grand ensouple, pour donner à la navette volante le temps de passer d'un côté à l'autre de la chasse, quelle que soit la largeur du métier, et il doit être plus ou moins accéléré vers l'extrémité *b* du même arc pour frapper la trame. Si on imagine une tringle de fer placée le long de la chasse et tournant librement sur son axe *p*, garnie d'un levier coudé *npmr* à chacune de ses extrémités, et tendante, par l'action d'un ressort placé vers le milieu de sa longueur, à tourner de manière que les leviers prennent la position *n'pm'r'*, pendant que la navette en arrivant à ces places qu'il doit occuper pendant son repos, l'oblige à tourner dans le sens opposé, de manière que ces mêmes leviers reprennent la position *npmr* ; on verra que si la navette n'a pas été arrêtée dans sa course, le levier *npmr*,

ne rencontre aucun des obstacles α et β quand la chasse par son mouvement circulaire alternatif parcourt l'arc ab pour venir frapper la trame : mais dans le cas contraire, c'est-à-dire, si elle s'est trouvée arrêtée par un obstacle quelconque, le levier, dont la position sera alors $n'p m' r'$, rencontrera d'abord le point α , lequel, cédant à son action, descendra, et, agissant sur l'extrémité t de la détente, fera séparer le collier D de la roue C , et un instant après ils rencontreront les obstacles invincibles B ; l'action du moteur sera donc d'abord suspendue et la *chasse* ne pourra frapper la trame, les objets que l'on s'était proposés seront remplis.

Ce mouvement (I 7') a cependant l'inconvénient de communiquer instantanément l'action du moteur à la machine, inconvénient très-grave dans de certaines circonstances; nous croyons cependant qu'on peut le rendre moins sensible si on fait usage du mécanisme (fig. 4).

C'est par le mécanisme (I 7') infiniment simple, qu'on suspend, par exemple, l'action d'une des meules d'un moulin, quand on fait mouvoir un certain nombre de ces meules au moyen d'une roue principale, ou qu'on rend alternatif le mouvement circulaire continu, comme il arrive dans les grands laminoirs des planches de cuivre, et dans presque toutes les machines qu'on veut arrêter sans rien déranger à l'action de la puissance.

(K 7'.)

C'est encore une modification du mouvement précédent. AB est l'axe qui tourne dans le même sens par l'action de la puissance; la roue C transmet le mouvement à la roue D , qui entre, à frottement doux, dans l'axe EF ; la roue D est garnie d'une goupille e , et l'axe EF d'une autre f : la roue D s'approche ou s'éloigne du pivot f à volonté, par le moyen du levier PQ ; d'après cela, il est facile de voir qu'on peut empêcher ou produire le mouvement de l'axe EF , en éloignant ou en rapprochant la roue D du pivot f .

Machine de M. Prony, dont la description se trouve dans les *Mémoires de l'Institut*, et dans les *Annales des Arts et Manufactures*, tom. XIX, pag. 181.

Son mécanisme ne consiste que dans une application très-ingénieuse de l'artifice (I 7'), par lequel on peut suspendre à volonté, ou communiquer à une roue l'action d'un moteur qui fait tourner l'axe dans lequel la roue entre à frottement doux, et réciproquement; on peut par ce mécanisme communiquer à l'axe ou suspendre à volonté l'action du moteur qui fait tourner la roue.

En effet, M. Prony fait tourner une grande roue horizontale AB par l'action immédiate du moteur; cette roue met en mouvement, en directions contraires, les deux roues verticales C et D qui entrent, à frottement doux, dans l'axe horizontal EF , dont les faces intérieures sont taillées en rochet en n et m . A l'une des extrémités de cet axe EF se trouve la poulie G , autour de laquelle s'enveloppe une corde qui porte un seau à chaque bout.

Une pièce aa , formée de deux barres de fer qui portent une roue à rochet p et q à ses extrémités, peut glisser le long de l'axe carré EF par le moyen des boîtes en coulisse percées aussi en carré.

Il est évident que si la pièce aa est poussée vers l'extrémité E de l'axe EF , les roues à rochet q et n s'engageront, et l'axe EF tournera dans le même sens que la roue D ; si elle est poussée vers l'extrémité F , l'axe tournera dans le sens de la roue C , et l'un des seaux montera pendant que l'autre descendra. Le tout se réduit maintenant à communiquer ce mouvement alternatif à la pièce aa , de manière qu'il ait lieu immédiatement après que le seau montant se sera vidé dans l'auge, et à faire en sorte que ce soit la corde même du seau montant qui détermine son mouvement.

Pour cela, M. Prony a placé sous l'axe EF un autre axe horizontal SS dans une direction perpendiculaire à EF ; cet axe de fer SS est garni d'un mentonnet x qui entre dans les boîtes à coulisse

de la pièce *aa*, d'une tige *h* terminée par une lentille de plomb *P*, et de deux pates *s* et *t*. Deux nœuds, ou bien deux fourches, sont placés vers les extrémités de la corde au-dessus des seaux, de manière à s'engager successivement dans les deux leviers *M*, *N*. Ces leviers agissent sur les pates *s* et *t*, et les soulèvent de manière que la tige *h* passe la verticale au moment où le seau montant finit de se vider; alors le poids de la lentille *P* fait tourner brusquement l'axe *SS*, et son mentonnet *x* chasse la pièce *aa* vers le même côté, et maintient sa position pour faire agir les roues à rochet. L'axe *EF* tourne en sens contraire, et ainsi de suite (1).

M. *Prony* a trouvé un moyen très-ingénieux de dételer l'animal employé à faire mouvoir cette machine, lorsque l'effort se trouverait augmenté par un obstacle quelconque. (Voici la description qu'on trouve de ce moyen dans les *Annales des arts*, tome XIX, page 190).

« Les traits 1, 1, 1 (fig. *f*) passent à travers les ouvertures 2, 2 pratiquées dans le joug 4, 4 attaché au bord du levier 3; ce levier est emmanché dans l'arbre vertical qui sert à donner le mouvement à la machine; ces ouvertures 2, 2 sont garnies de poulies pour diminuer le frottement. L'extrémité de chaque trait se termine en un œil qui s'accroche sur un piton implanté dans l'arbre 5, mobile sur ses tourillons. A l'entour de cet arbre 5 s'enveloppe une corde, laquelle remonte en passant par-dessus les poulies 6, 6, 6, et s'attache enfin à un poids 7 le long de l'arbre vertical; ce poids, qui peut être varié à volonté, détermine donc la résistance qu'on veut opposer à l'effort de l'animal: ainsi, en supposant qu'on ait limité ce poids à vingt livres, et qu'un bâton vienne à tomber dans l'engrenage du pignon, il s'ensuivra que, par l'effort de l'animal, la machine sera brisée sans ce mécanisme; mais comme l'effort excédera nécessairement le poids qui sert de régulateur, l'arbre 5 sera

(1) Dans le Bulletin de la Société d'encouragement, septemb. 1817, on trouve la description d'une machine pour rayer les carabines de luxe, inventée par M. *Jacquet*, dans laquelle on voit une application de ce mouvement.

» forcé de décrire un quart de cercle ; les pitons ayant quitté alors
 » leur position verticale, les extrémités des traits qui s'y trouvaient
 » accrochés s'échappent, l'animal est libre, et le mécanisme n'é-
 » prouve aucun dommage. Ce moyen sert aussi à empêcher que les
 » animaux employés à faire mouvoir la machine ne fassent des efforts
 » au-delà des limites, qu'on est toujours maître de fixer en ajustant
 » le contre-poids. »

(M 7'.)

a b est un arbre tournant autour de son axe, au moyen d'une puissance quelconque appliquée en *a* ; son pivot *b* repose sur une pièce de bois *e* garnie de deux rouleaux qui entrent dans une rainure pratiquée dans la traverse *n' m'* ; par ce moyen, l'arbre *a b* peut avec facilité s'approcher successivement des roues dentées *F, G* auxquelles s'accroche la vis sans fin *h* dont il est garni. *C* et *L* sont deux traverses qui servent à soutenir l'arbre, sans gêner le petit mouvement de balancement qu'on doit lui communiquer par la pièce mobile *e*, sur laquelle repose son pivot. On voit dans cette pièce deux cliquets *a' b', c d* qui tournent autour de leurs axes *a'* et *c*, lesquels, ainsi que les deux goupilles *b* et *d* qui garnissent leurs extrémités, se prolongent de manière à atteindre le plan de la pièce métallique *u m n*. (Voyez la fig. séparée *m*.) Cette pièce a un axe *g f* garni de deux autres branches *l, i* taillées en forme de fourche, pour laisser passer les cordes qui portent les seaux ; près de l'extrémité *g* s'élève une tige qui porte un poids *P* ; dans la traverse *n' m'* on remarque deux pitons *x* et *y*, dont la saillie égale l'épaisseur des deux cliquets *a' b', c d* ; deux seaux sont attachés aux extrémités d'une corde qui passe par les cylindres des deux roues dentées *F, G*, en faisant un tour dans chacun. Voici le jeu de cette machine.

Dans la position représentée par la figure, la branche *u*, après avoir poussé le piton *a'* vers la gauche, fait accrocher la vis sans fin *h* à la roue dentée *F*, et le cliquet *a' b'*, tombant par son propre poids, s'engrène avec le piton *x*, et assujettit l'arbre contre la roue dentée.

Quand le bouton s qui se trouve près des seaux S vient de s'engager dans la fourche l , la pièce unm est contrainte à tourner sur son axe, et le bras n , touchant la goupille b , décroche le cliquet avant de prendre une position horizontale; mais à peine il a dépassé cette position, que le contre-poids P tombant de l'autre côté, le bras u pousse le piton c , et fait passer à droite l'arbre qui s'accroche à la roue G , tandis que le cliquet $c d$, par son propre poids, s'engage avec le piton y . Les deux cylindres tournent en sens contraires, et le seau S descend pendant que l'autre monte, et ainsi successivement. Les bords des seaux sont garnis d'une pièce de fer, pour les obliger à prendre une situation propre à verser l'eau. Cette machine est de l'invention de M. Bétancourt.

Branca, dans l'ouvrage dont le titre est, *Branca (Giovanni) le machine, volume nuovo e di molto artificio del signor G. Branca, ingegniero et architetto della santa casa di Loreto. Roma (J. Mascardi), 1629, in-4°. (en italien et latin), fig. 21*, emploie deux roues verticales, dentées sur champ, en face l'une de l'autre, fixes au même axe : une roue horizontale, tournant toujours dans le même sens, engrène tantôt à l'une des roues, tantôt à l'autre, par l'action immédiate d'un homme, ce qui communique un mouvement circulaire alternatif à l'axe commun aux deux roues verticales; cette manière de changer le mouvement s'emploie dans plusieurs machines : elle est d'un usage très-fréquent.

(N 7'.)

A mesure que le mouvement circulaire de l'axe ab augmente ou diminue, les poids p et q s'éloignent ou s'approchent de ce même axe, en vertu de la force centrifuge, et la couronne r , qui embrasse l'axe, descend ou monte verticalement; c'est de cette couronne qu'on fait dépendre le mouvement d'une soupape m , qui empêche la vapeur de s'introduire dans le cylindre des pompes à feu, ou de sortir de ce même cylindre, pour passer au condensateur, et par ce moyen la machine conserve une vitesse presque constante, quoique la résis-

tance soit variable. Nous l'avons vu employé avec succès en Angleterre, dans un moulin à vent, pour lever la meule tournante, lorsqu'elle a trop de vitesse, et pour empêcher que la farine ne s'échauffe. Comme ce moyen est très-ingénieux, il nous a paru qu'on verrait avec plaisir l'application de ce mouvement.

La meule tournante *A* (*fig. n 7'*), reçoit son mouvement par la partie supérieure, comme cela se pratique ordinairement dans tous les moulins à vent. Cette meule pose sur l'axe *ab*, qui porte lui-même sur la crapaudine *C* fixée au madrier *DE*. Dans l'axe *ab* est fixée la couronne *fg*, qui porte quatre bras pour recevoir les tiges des quatre boules de fer *h, i, k, l*, du poids de quatre à cinq livres chacune; de la partie supérieure des tiges, descendent quatre tirans qui supportent la pièce *F*, qui peut glisser librement du haut en bas de l'axe; dans cette pièce est pratiquée une gorge pour recevoir l'extrémité du levier *de*, taillé en forme de fourche, et dont l'autre extrémité *m* supporte le madrier *DE*, qui tourne sur le centre *n*.

Il est évident que, par le mouvement de la meule tournante, tout le système des boules tournera, et qu'à mesure que la vitesse du vent fait augmenter celle de la meule, les boules s'écarteront de l'axe; la pièce *F* descendra, forcera le levier *d e m* dans la partie *d*, et lèvera par le bout *m* le madrier *DE*, et par conséquent la meule supérieure *A*.

M. O'Reilly en fait aussi usage dans sa machine soufflante. *Annales des arts*, tom. X, pag. 26.

Bockleri, dans son ouvrage déjà cité (E 3), fig. 19, donne la description d'un moulin qui est mis en mouvement par l'action d'un cheval; dans ce moulin, on remarque un mécanisme qu'il emploie pour soulever plus ou moins la pierre supérieure; ce mécanisme diffère de celui dont nous venons de nous occuper, en ce que le levier *d e m*, au lieu d'être parallèle au madrier *DE*, lui est perpendiculaire, et en ce que son mouvement ne dépend pas de la vitesse de la meule. L'auteur se borne à suspendre un poids à l'extrémité *d* du levier *d m*, poids qu'il rapproche ou qu'il éloigne à volonté du point de rotation *e*

(comme on le fait avec le *peson* d'une *romaine*), pour diminuer ou pour augmenter l'intervalle des deux pierres; mais cet intervalle reste toujours le même, tant que le poids ne change pas de place. Dans la fig. 47, *Bockleri* fait l'application de ce même mécanisme à un moulin à eau.

Ramelli, dans son ouvrage déjà cité (A 7'), fig. CXX, avait déjà fait usage de ce même mécanisme, pour le même objet.

(O 7'.) (*Plan et élévation.*)

Dans les *Annales des arts et manufactures*, par R. O'Reilly, tom. XXII, pag. 302, on trouve la description d'un moulin mû par le flux et le reflux de la mer, imaginé par M. *Leslie* de Londres. Comme il n'est question, dans ce moulin, que de changer un mouvement rectiligne alternatif, en un autre circulaire continu, nous en donnerons la description telle qu'on la trouve dans l'ouvrage indiqué.

Fig. 1°. Plan de la roue avec son enveloppe.

Fig. 2. Coupe verticale.

a. Arbre de la roue tournant sur un pivot ou axe de fer, lequel entre dans une crapaudine d'acier.

bb. Ailes de roue, un peu inclinées de manière à donner passage à l'eau dans une direction spirale.

cc. Tambour ou enveloppe circulaire, dans lequel la roue tourne dans le moindre espace possible, entre ses parois et les ailes.

dddd. Second tambour d'un plus grand diamètre, placé au-dessus de la roue, et qui couronne ce tambour *cc* avec lequel il est combiné.

e e. Portes mobiles qui s'ouvrent de côtés opposés; la première, du côté des courans, s'ouvre lorsqu'elle est pressée par le courant, et s'arrête contre le poteau *f*; la porte du côté opposé sera pressée en sens contraire par le courant, et se fermera. L'opération inverse aura lieu, lorsque l'eau qui aura monté par le flux, voudra sortir à l'instant du reflux: les lignes ponctuées indiquent assez ce mouvement contraire.

Maintenant, supposons la surface d'une rivière *h*, qui affleure à

marée basse le couvercle du tambour supérieur , afin que la même quantité d'eau puisse toujours agir sur la roue ; une fois que la surface de l'eau est au-dessus du cercle du tambour supérieur , l'eau qui passe par-dessus ne produira pas un plus grand effet en s'élevant de plusieurs pieds , que quand elle se trouvera au niveau du couvercle.

ii. Fond de la rivière ; si elle n'a pas assez de profondeur , on peut la creuser dans cet endroit (1) ; l'eau entre dans le tambour en passant la porte *e* , jusqu'à ce qu'elle s'arrête contre le poteau *f* , là elle trouve un passage au moyen duquel elle arrive au fond à travers les ailes spirales , qui cèdent à l'impulsion du courant , et donnent un mouvement de rotation à l'arbre vertical ; arrivée au fond , l'eau s'échappe par la porte *k* ; ceci est pour le mouvement lorsque la marée baisse : quand au contraire elle remonte , les deux portes dont nous venons de parler , se ferment , et les deux opposées s'ouvrent ; au moyen de quoi , l'eau descend comme auparavant , et tourne la roue dans la même direction , par le flux ou le reflux.

Voici les avantages de cette roue sur celle qu'on a construite pour être mue par le flux et le reflux :

1°. Si on l'emploie pour des moulins à blé , sa vitesse est plus uniforme , puisque c'est la même quantité d'eau qui agit toujours sur elle.

2°. Elle tourne dans le même sens par le flux et le reflux , et d'une manière plus simple que les autres roues à marées.

3°. Comme la roue est horizontale , il est facile d'adapter sur son arbre un engrenage quelconque , puisqu'on peut élever cet arbre à volonté au-dessus de la surface de l'eau.

4°. La vitesse de cette roue est plus grande par rapport à la vitesse de la marée que pour les autres roues , ce qui dispense de tous les mécanismes imaginés dans les anciennes roues , pour diminuer les frottements.

(1) Nous regardons ce moyen comme inadmissible ; car l'eau courante éprouverait de la part de la colonne d'eau immobile , une résistance qui diminuerait ou anéantirait même sa vitesse.

Quant à sa construction, M. *Leslie* affirme qu'elle est plus économique.

Dans l'*Architecture hydraulique* de *Bélidor*, on trouve la description de différens moulins qui marchent par l'action de ce même moteur.

(P 7'). (*Plan et élévation*).

AB est un axe fixe vertical, très-solidement établi; il est terminé par une roue dentée *C*. Un cylindre creux *D* entre dans cet axe, et s'appuie sur un rebord pratiqué dans la partie inférieure du même axe. Quatre traverses *ab*, *cd*, *ef*, *gh*, sortent horizontalement de ce cylindre, forment entre elles des angles droits; à l'extrémité de chaque traverse se trouve suspendue une chaise pour s'asseoir: sur l'une de ces traverses s'élève l'axe d'une petite roue *D'*, qui engrène avec la roue dentée *C*. A l'extrémité de la manivelle *E* de la petite roue *D'*, se trouvent attachées quatre cordes qui passent chacune par une petite poulie fixe, à l'extrémité des traverses.

Une personne assise sur une des quatre chaises, peut communiquer facilement un mouvement circulaire continu à la petite roue *D'*, au moyen de la corde qui passe par la poulie qui se trouve devant elle, et, par un mouvement rectiligne alternatif, elle sera elle-même entraînée par le mouvement circulaire que doit prendre tout le système mobile dont elle fait partie, système qui fait les fonctions d'un volant.

Il ne tiendra qu'à elle de varier ou de modifier à volonté la vitesse du mouvement circulaire continu, imprimé au système mobile.

Si, au lieu d'une personne seule, on en suppose deux, trois ou quatre, il faudra qu'elles agissent de concert, pour que les unes ne contrarient pas l'action des autres.

Tel est le mécanisme ingénieux inventé par M. *Marcel Cardinet*, en prairial an 10, qui a pris un brevet d'invention, pour donner aux amateurs du *jeu de bague*, l'avantage de se passer de l'homme qu'on emploie généralement pour mouvoir la machine, et de pouvoir augmenter ou diminuer de vitesse, et s'arrêter à leur gré.

Notre ami M. *Breguet*, avant que M. *Cardinet* eût fait l'application de l'excentrique à son *jeu de bague*, avait déjà employé le même mécanisme à la construction d'une montre à laquelle il a donné le nom de *montre à tourbillon*; dans cette montre, tout le système du régulateur tourne autour d'un axe, en sorte que la position relative de toutes ses parties change continuellement, et de là il résulte que ces montres ne sont pas sujettes, comme le sont les autres montres ordinaires, à une infinité d'inconvénients. Cette invention, digne d'un artiste aussi distingué, ne diminue en rien le mérite de M. *Cardinet*, qui certainement ne connaissait pas cette invention, et offre un exemple bien remarquable des rapports qui existent même entre les arts qui semblent avoir le moins d'analogie entre eux.

(Q 7'.) *Planche 11.*

Soit *A* un cercle dont la circonférence est garnie, sur son champ, d'une couronne *abcd* dentée en rochet; *ef* et *dg* deux règles qui peuvent tourner librement autour de l'axe de la roue *A*; *fg* et *hg* deux autres règles qui forment avec les précédentes un quadrilatère irrégulier, dont les angles en *f* et en *g* sont à peu près droits, les extrémités de ces quatre règles se trouvent réunies par des axes autour desquels elles peuvent tourner librement; *hi* une règle réunie en *h* par une de ses extrémités avec le quadrilatère *efgh*; un axe traverse en *h* les trois règles *gh*, *fh* et *hi*; la règle *hi* passe à travers les deux tenons *k* et *l* et ne peut se mouvoir que dans le sens de sa propre direction; les deux règles *ef* et *eg* portent deux *cliquets* *m* et *n*, placés l'un vers la droite, l'autre vers la gauche de la figure; ces deux *cliquets* tiennent aux règles par des charnières, et ils entrent dans les entailles de la couronne à rochet, soit par leur poids, soit par l'action d'un ressort. Supposons maintenant qu'on fasse mouvoir la règle *hi* de *h* vers *i*, le cliquet *m* agira sur la couronne et fera tourner le cercle *A* dans le sens indiqué par la flèche, pendant que le cliquet *n* glissera sur les dents de la même couronne; mais si la règle revient de *i* vers *h*, c'est le cliquet *n* qui agira pendant que l'autre *m* ne fera que glisser; dans l'un et dans

l'autre cas la roue *A* tournera dans le même sens. Le mouvement rectiligne alternatif sera donc transformé en circulaire continue.

(R. 7'.) *Planche N°. 11.*

Soit *A* une roue garnie de six chevilles, 1, 2, 3, 4, 5, 6; *hp* une planche horizontale soutenue par les rouleaux *B* et *C*; la planche *hp* a un mentonnet *DE*, dont la longueur est égale à la distance *de*, qu'il y a entre la planche *hp* et la moitié de l'arc du cercle 1, 2, qui sépare les deux chevilles 1 et 2; *FGH* est un levier formé par les deux tiges *FG*, et *GH* formant entre elles un angle droit, ce levier coudé peut tourner librement autour de l'axe de rotation *G*, la longueur de la tige *GH* est égale au rayon du cercle *A*, le point *G* se trouve dans la ligne *GK* parallèle à la règle ou planche *hp*, et la tige *HG* tend toujours à descendre par son poids; *f* est une cheville qui tient à la planche *hp*, la distance horizontale de cette cheville à la verticale, qui passe par le point *G*, est égale à la distance *Dd*. Cela posé, si on fait tourner la roue *A* dans le sens indiqué par la flèche, la cheville 1 agissant sur le mentonnet *DE* entraînera la planche *hp* de *h* vers *p*, pendant que la cheville 5 redressera le levier coudé *FGH*; quand la cheville 1 arrivera au point *e* elle cessera d'agir sur le mentonnet *DE*, le bras *GF* du levier coudé *FGH* se trouvera dans une position verticale, et il commencera à agir sur la cheville *f* de la planche *hp*, laquelle reviendra dans le sens *ph*; quand la cheville 5 de la roue *A* arrivera à la position 6, elle quittera le bras *GH* du levier coudé qui viendra s'appuyer sur la cheville 4 qui se trouvera à la place de la cheville 5, la cheville 6 occupera la place de la cheville 1, et le mouvement continuera de même, en sorte qu'à chaque révolution de la roue *A* la planche *hp* aura fait six allées et six venues. Tel est le mécanisme que M. Thiout emploie dans son traité de l'*Horlogerie mécanique et pratique*, imprimé à Paris en 1741, tome I^{er}, page 85, dans une machine pour polir les ressorts; on trouvera dans le même ouvrage la description de plusieurs échappemens pour les horloges et pour les montres.

(S T.) et (T 7') *Planche n°. 11.*

Ces deux mouvemens donnent la solution approchée du problème de la transformation du mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif, et ils ont été appliqués dans quelques pompes à feu.

Dans le premier, nm est le coude brisé d'un axe n qui tourne circulairement par l'action du moteur, D une barre attachée, par exemple, à l'extrémité p de la tige du piston d'une pompe, et qui doit parcourir, au moins d'une manière approchée, la ligne bb égale à deux fois nm . On se donnera arbitrairement les dimensions des deux barres B et C , et le centre F de rotation; on placera C dans les trois positions Ft , Fq , et Fr qu'elle doit avoir vers les extrémités et le milieu de la course du point p de la tige D : cela déterminera les points q , r , et s où l'autre extrémité de la barre B doit se trouver en même temps; on fera passer par ces trois points la circonférence d'un cercle, le rayon de ce cercle et son centre détermineront la longueur de la barre A et son centre de rotation. Après quelques essais on trouvera une solution suffisamment approchée pour la pratique.

Dans le second, on se donne de même les dimensions des barres E , I , H , et la position du point F de rotation; on détermine, comme dans le cas antérieur, celle des trois points, n , m et r ; le rayon et le centre de la circonférence qui passe par ces trois points, donneront la longueur de la barre L et la position K de son centre de rotation.

§ VIII.

Le mouvement circulaire continu avec une vitesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée, peut se changer en circulaire continu avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable, d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

(A 8.)

Les deux roues dentées *A* et *B* s'engrènent naturellement ; le mouvement circulaire continu de l'une se communique à l'autre dans le même plan, mais dans des directions contraires ; il faudra une troisième roue *C*, si l'on veut que le mouvement ait lieu dans le même sens. Le rapport des vitesses sera déterminé par celui des diamètres. Soit n le rayon de la roue *A*, et n' celui de la roue *B* ; si n et n' sont deux nombres entiers et premiers entre eux, il faudra que la roue *A* fasse un nombre n' de révolutions pendant lesquelles la roue *B* en aura fait un nombre n des siennes pour que les mêmes dents des deux roues s'engrènent ; c'est-à-dire, pour que les deux roues *A* et *B* reviennent à la même position relative. M. Breguet fils a profité avec beaucoup d'adresse, de cette propriété des cercles de rayons inégaux, pour faire en sorte que les ressorts de montres à *barillets tournans*, pour les échappemens à repos ne puissent être tendus ni détendus à leur maximum, soit quand on les monte, soit vers la fin de leur marche ; voici comment : on sait que dans cette espèce de montres, très-répandues aujourd'hui dans le commerce, on a supprimé la *fusée* : que le *barillet* ou *tambour* *A* (voyez fig. 5, Planche 12), qui renferme le ressort, est garni d'une roue dentée $\alpha \beta$, laquelle transmet l'action du ressort au pignon de la première roue de la montre ; que le ressort est fixé par l'une de ses extrémités à l'axe rd , et par l'autre à la surface intérieure et concave du *barillet* ; que la longueur du ressort est telle qu'en le supposant entièrement débandé, l'axe rd peut faire environ douze tours avant qu'il soit arrivé à son maximum de

tension; qu'en général, on n'emploie que la tension moyenne du ressort, c'est-à-dire, celle qui résulte des quatre tours moyens; que l'axe $r d$ est garni d'une roue à rochet λ laquelle empêche l'arbre de tourner dans une direction contraire à celle que le ressort tend à communiquer au *barillet*; que c'est enfin à la nature même de l'échappement qu'on doit l'avantage de pouvoir supprimer la *fusée*, l'inégalité de l'action du ressort se trouvant compensée par l'inégalité de pression que l'échappement éprouve au moment de son repos. Cela posé, M. Breguet fils fixe une roue dentée B à l'axe $r d$, et fait engrener avec elle une autre roue dentée C qu'il fait entrer librement dans un cylindre qui s'élève de la partie supérieure du *tambour*: une vis à large tête entre dans ce cylindre et maintient en place la roue; il a adopté entre les diamètres de la roue C et de la roue B le rapport de quatre à cinq; la roue B doit donc faire quatre tours, et la roue C cinq pour que les mêmes dents se rencontrent et que la position relative de ces deux roues soit la même; et, si la roue B est fixe, ce qui arrive quand le *barillet* fait marcher la montre, il faudra que la roue C fasse quatre tours autour de la roue B pour revenir à son point de départ: elle aura fait cinq tours autour de son axe, et les mêmes dents se retrouveront en contact. Supposons maintenant que le ressort renfermé dans le *barillet* A se trouve entièrement débandé, et qu'on fasse faire à l'axe $d r$, et par conséquent à la roue B , huit tours dans le sens indiqué par la flèche, on aura le maximum que l'on veut employer de l'action du ressort: il s'agit d'empêcher que l'on puisse continuer de tourner l'axe $r d$, et nous supposons que la figure représente la position relative des deux roues B et C dans ce moment; si on divise la distance $d e$ en deux parties égales en i , et qu'on trace la demi-circonférence $d f e$, il est évident que c'est dans un des points de cette demi-circonférence que les obstacles doivent se rencontrer pour produire l'effet désiré de la manière la plus avantageuse: mais cela ne suffit pas; en effet, du moment que la roue B se trouve arrêtée, c'est la roue C qui tourne entraînée par le *barillet*, et, en supposant que le rapport du diamètre de la roue C , au diamètre de la roue B , soit

comme n' est à n , la roue C ne peut revenir au point où elle se trouve après avoir fait un nombre n' de révolutions autour de la roue B , parce que les obstacles se rencontreraient avant, quel que soit le point de la demi-circonférence dfe qu'on ait choisi pour le point de contact; mais ils se rencontreraient sous des angles différens, et cela ne convient pas au but qu'on se propose. Il faut donc remplir une autre condition, et cette condition est que les obstacles se rencontrent à angles droits avant que la roue C termine sa n^{me} révolution autour de la roue B . Soit f le point demandé, il faudra que la longueur de l'arc ab soit égale à la longueur de l'arc ac ; car, si on fait tourner le *barillet* en sens contraire de la flèche; le point b viendra rencontrer et tombera sur le point c , et, quand le centre e de la roue C arrivera au point g , on aura l'ang. $def =$ l'ang. dgf : par conséquent toutes les conditions seront remplies; al est le quart de la circonférence B , et ak le quart de la circonférence C : on a par conséquent

$$ah = ak = al \frac{n'}{n}$$

si on fait donc $ah = al \frac{n'}{n}$, qu'on mène par le point h la ligne $dg = de$, et du point d la perpendiculaire df sur ge ; cette perpendiculaire donnera la position du point f où doivent se rencontrer les deux obstacles, quel que soit le rapport de n à n' ; dans le cas actuel, on aura $ah = al \frac{1}{2}$, ou ce qui revient au même l'ang. $gde = 72^\circ$. Une fois déterminée, la position du point f , on placera les deux mentonnets p et q , comme on le voit dans la figure. Le centre de la roue C arrivé en g , avant de terminer sa n^{me} révolution, la montre s'arrêtera; pour la remonter, il faudra tourner la roue B , dans le sens indiqué par la flèche; la roue C tournera sur son axe dans un sens opposé, et le mentonnet p viendra presser le mentonnet q comme dans le commencement.

Dans les montres à *barillets tournans*, rien n'indique l'état du développement du ressort; par conséquent on se trouve souvent dans le cas de les remonter mal à propos ou de les trouver arrêtées, inconvénient qui n'a pas lieu dans les montres à *fusée*. M. Breguet père a rendu cet état sensible; voici comment: il taille en vis une portion mn

de l'axe rd , fait entrer dans cette vis l'écrou st qui a la forme d'un cône tronqué; une ou deux tiges u s'élèvent de la surface du *barillet*, pénètrent à travers l'écrou sans gêner son mouvement, dans la direction de l'axe rd . Cela posé, quand on remonte la montre, comme c'est la vis qui tourne sans pouvoir changer de place et que l'écrou ne peut pas tourner à cause des tiges u , il doit se mettre en mouvement dans la direction de la vis ou de l'axe rd , comme nous l'avons déjà expliqué (C 3); pendant que la montre est en mouvement, c'est l'écrou qui tourne et qui parcourt le même espace en sens opposé, il résulte donc un mouvement rectiligne alternatif: on transforme enfin ce mouvement en circulaire alternatif par un levier $a' b' c' d'$ coudé à angles droits, le petit bras $c' d'$ du levier s'appuie sur la surface conique de l'écrou, et le grand bras $a' b'$ marque à l'extérieur de la montre et sur son cadran l'état de tension du ressort sur un arc de cercle convenablement divisé.

Si les trois roues A , B et C ont le même diamètre; pendant que la première A fera un tour dans le sens indiqué par la flèche, la seconde B fera aussi un tour dans le sens contraire, et la troisième C un autre, dans le même sens, comme il se trouve indiqué par les flèches correspondantes.

Supposons maintenant que la roue A soit immobile, et que les roues B et C soient réunies à la roue A par une règle: il est évident que si on fait tourner cette règle autour du centre de la roue A , quand elle aura fait une révolution, les deux roues B et C en auront fait aussi un tour, comme dans le cas précédent, par rapport à la roue A ; car les choses se passent de la même manière relativement à ces trois roues, soit que la première A fasse un tour sur son axe, soit que la seconde et la troisième fassent un tour sur le même point; mais les roues B et C ont participé, dans le second cas, du mouvement de rotation de la règle qui les entraîne, effet absolument indépendant du premier. Il s'ensuit que la roue B , dont le mouvement de rotation autour de son axe a lieu dans le même sens que celui de la règle, aura fait deux tours ou deux révolutions par rapport à l'espace;

mais le mouvement de rotation de la roue *C* autour de son axe, se fait dans un sens opposé; par conséquent, entraînée par la règle, elle a parcouru la circonférence tracée par celle-ci autour du centre de la roue *A*; mais elle n'a pas tourné autour de son axe, par conséquent les lignes tracées sur sa surface, et toutes celles qui se trouveront fixées à cette surface dans une position quelconque, conserveront toujours leur parallélisme.

Tel est le mécanisme que l'on emploie souvent pour représenter le parallélisme de l'axe de la terre dans tous les différens points de son orbite.

Les machines qu'on emploie généralement dans les manufactures de porcelaine, pour broyer et réduire en poudre impalpable les substances pierreuses dont elles font usage, se réduisent, comme tout le monde le sait, à une grande roue horizontale, qu'on fait tourner par l'action, soit des animaux, soit de l'eau; cette roue conduit quatre ou six lanternes ou pignons; les axes de ces quatre ou six lanternes ou pignons descendent verticalement, et chacun d'eux plonge dans un baquet circulaire *AAAA* (voyez le plan de la fig. 6, planche 12, et l'élévation n°. 1). Au fond de chaque baquet se trouve une pierre *C*, qui remplit exactement toute sa cavité; on met sur la pierre *C*, une autre *D*, qui est aussi circulaire, et dont le diamètre est plus grand que le rayon de *C*; c'est la pierre *D* qui doit faire les fonctions de *molette*; elle se trouve fixée par un crampon *edbc*, à l'extrémité inférieure de l'axe *ac* d'un des pignons (les deux pierres *C* et *D*, sont souvent remplacées avec avantage par des plaques de porcelaine, mais dans ce cas on surcharge la plaque *D* d'un autre corps); on met les terres dans les baquets, on remplit ceux-ci d'eau, et on fait aller la machine; au bout de quelque temps on remarque que les pierres *C* et *D* ne se sont pas usé uniformément; les parties qui s'éloignent le plus du centre de rotation *c*, ont éprouvé la plus grande perte; les deux surfaces ne se touchent plus dans tous leurs points, la partie *fngmh* reste vide; pour rendre moins sensibles les inconvéniens qui doivent résulter de cet écartement des bords des deux pierres, on est dans l'habitude de laisser un peu de liberté entre la pierre *D* et le crampon *edba* de manière

que, à mesure que les bords s'usent, elle retombe, mais cela ne fait que pallier le mal, le moment de changer les pierres n'est qu'un peu retardé. La pierre, ou *molette* D , ne peut éprouver une perte égale dans toute sa surface, à moins qu'on ne fasse parcourir à chacun de ses points des espaces égaux dans des temps égaux; effet qu'on ne peut obtenir qu'en conservant, dans son mouvement, le parallélisme des lignes tracées sur sa surface : le mécanisme dont il est question, peut être appliqué dans cette circonstance; en effet (voyez fig. 6, plan et élévation n°. 2), l'axe vertical passe par la traverse BB , il est soutenu par un rebord nr , se termine par la branche cb qui forme un angle droit avec ab . Du centre d de la *molette* D s'élève une tige de laquelle passe à travers un trou circulaire fait dans la branche cb , et porte la roue e . La roue h peut tourner librement autour de la tige fh qui s'élève de la branche cb : la roue h est soutenue par les rebords pratiqués dans la même tige fh . La roue g est fixée à la traverse BB , l'axe ab la traverse librement par son centre. Les diamètres des trois roues e , h et g sont égaux.

Voici encore un moyen extrêmement simple pour obtenir le parallélisme demandé. Du centre d de la *molette* D (voyez fig. 6, plan et élévation n°. 3), on élève la tige cylindrique de , qui passe librement à travers une ouverture circulaire faite dans la branche horizontale rb de l'axe vertical ab . D'un autre point f de la *molette*, pris dans la direction et à une distance df plus grande que cd , on élèvera une autre tige fg qui passera librement à travers une ouverture circulaire faite dans la branche horizontale hi de l'axe vertical hi , qui est soutenu par la traverse BB , les deux branches ik et rb doivent être égales. Quand l'axe ab tournera, le point d tracera autour du centre c une circonférence dont le rayon sera égal à dc ; le point f tracera un autre cercle qui aura un rayon fh égal à cd ; ces deux rayons seront toujours parallèles, et chaque point de la surface de la *molette* se trouvera dans le même cas.

N'importe lequel de ces deux moyens qu'on emploie, la surface de la *molette* D s'userait partout également, en la supposant parfaite-

ment homogène, si les mêmes circonstances avaient lieu par rapport à la pierre *C*: malheureusement cela n'a pas lieu, et les frottemens dans la surface de *C* diminuent de son centre à la circonférence; elle deviendra donc concave, mais aussi la *molette* deviendra convexe, et nous sommes bien persuadés que les pierres dureront plus long-temps qu'elles ne durent, les *molettes* étant mises en mouvement comme elles le sont aujourd'hui.

C'est après avoir imaginé cette *molette*, que nous regardons comme étant une amélioration ou perfectionnement fait à la machine à broyer, que M. *Sureda* (Joseph) nous a communiqué le dessin d'une machine à polir, établie à la manufacture impériale de glaces de Saint-Petersbourg; dans cette machine, les polissoirs sont conduits par un mécanisme absolument semblable à celui que nous venons d'indiquer; en effet, *abcd* (fig. 7, Planche 12) est une barre de fer, soutenue par cinq coudes brisés *e, e, e, e, e*, d'une égale longueur, et disposés, comme on le voit dans la figure, de manière à ce qu'ils se trouvent toujours parallèles entre eux pendant que celui du centre tourne autour de son axe par l'action du moteur, qui, dans cette machine, est une roue hydraulique. On conçoit facilement qu'en vertu de ce mouvement, chaque point de la barre trace une circonférence d'un rayon égal à la longueur des coudes; propriété qui permet de diminuer son poids, en la soutenant par des cordes *s, s*, attachées au plancher.

Les polissoirs *f, f, f* agissent sur les glaces, et on change leur position ou celle des glaces, selon que l'exige l'opération.

On rend les imperfections de la denture des roues moins sensibles, en réunissant deux ou trois de ces roues en biais, ainsi que leurs pignons correspondans. On obtient le même résultat par des roues dentées telles, que toutes les sections faites perpendiculairement à l'axe de la roue soient égales entre elles, ainsi qu'il arrive dans les roues dentées ordinaires; celles-ci peuvent être regardées comme étant formées par le simple mouvement d'une de ces sections parallèlement à l'axe de la roue; mais dans les roues dentées dont il est question, la

section génératrice a un double mouvement, l'un de translation parallèle à l'axe, et un autre de rotation autour de ce même axe: chaque point de la section trace une hélice.

(B 8.)

Le même problème est ici résolu par le moyen d'une corde ou d'une chaîne sans fin; le mouvement aura lieu dans le même sens ou dans des sens contraires, selon que la corde enveloppera les deux roues sans se croiser, ou bien en se croisant dans l'intervalle qui les sépare.

Des causes physiques tendent continuellement à changer la longueur des chaînes ou des cordes: pour les conserver toujours également tendues, on emploie des contre-poids ou des ressorts; mais il faut avoir soin de les placer de manière à ce que la tension produite dans la corde, tende à faire tourner la roue sur laquelle agit le moteur, dans le même sens que ce moteur tend aussi à la faire mouvoir; le contre-poids produit alors un très-bon effet, et peut être appliqué avec succès à toutes les machines; mais si la tension produite dans la corde par l'action du contre-poids, agit en sens opposé du mouvement communiqué par la puissance, les effets deviennent nuls.

On a varié la forme des chaînes selon les besoins, et l'on voit dans l'*Encyclopédie* (Art du Chaînetier) le détail de quelques-unes; et dans les *Annales des arts et Manufactures*, n°. 41, page 213, on trouve la description de celle inventée par M. *Hancock*.

(C 8.)

On a réuni dans cette figure différens moyens de communiquer le mouvement d'une roue à d'autres, qu'on emploie dans les arts.

(D 8.)

Vis sans fin qui transmet son mouvement circulaire à une roue. Le mouvement du moteur est perpendiculaire à celui de la roue: les applications de ce mouvement dans les arts sont innombrables.

(E 8.) (*Plan et élévation.*)

Le moulin du Piémont, pour organsiner les soies, offre un cas particulier de la vis sans fin, dans lequel cette vis a un diamètre très-grand AB , et le seul pas de vis qui la compose se trouve partagé en six parties égales, toutes comprises entre deux plans parallèles; elles s'appellent *serpes*, et sont représentées dans la figure par les lettres ab ; ce sont ces *serpes* qui obligent à tourner les ponceuses H , par le moyen de six dents, ou *rodes d e*, qui garnissent leurs circonférences. On trouve la description de ces moulins dans la *Description des arts et Métiers*, publiée par l'Académie, et dans l'*Encyclopédie par ordre de matières*.

(F 8.)

Le même problème peut encore se résoudre en employant l'engrenage à équerre, représenté par les deux cônes tronqués A et B , qui sont garnis de dents. Ce mécanisme s'emploie souvent dans les arts; la figure le représente dans une de ses applications les plus usuelles; c'est l'instrument connu sous la dénomination de *vilebrequin*, dont les charpentiers font un grand usage. (M. *Hachette* donne, dans son *Traité élémentaire des Machines*, la théorie de cette espèce d'engrenage, connu sous le nom d'*engrenage conique*.)

(G 8.)

A et B sont deux roues dont les plans sont perpendiculaires entre eux, et qui se communiquent leur mouvement au moyen d'une corde sans fin enroulée sur les roues, et passant par les deux poulies de renvoi C et D . La poulie B peut se mouvoir en allant de a en b , et tournant toujours sur son axe; dans ce cas, ce mouvement doit être regardé comme appartenant au § 17; mais si on oppose un obstacle au mouvement de translation de son axe, la poulie B tournera sans changer de position, et le mouvement appartiendra au paragraphe actuel. Ce mécanisme s'emploie généralement dans les *multi-jennys* pour filer le coton.

Soient AB et CD deux axes garnis chacun de trois roues a, b, c, a', b', c' ; les deux roues a, a' d'égal diamètre, ainsi que les deux roues b, b' , et c, c' , sont disposées comme on voit dans la figure; les roues qui appartiennent à l'axe AB sont fixes à cet axe, celles qui appartiennent à l'axe CD entrent à frottement doux; mais chacune d'elles peut à volonté se fixer à l'axe par le mécanisme décrit (I 7' ou K 7'); cela posé, il est évident qu'on donnera à l'axe CD la même vitesse que celle de l'axe AB , en faisant agir la roue b ; sa vitesse sera plus grande, si on fait agir la roue a ; elle sera plus petite dans le même rapport, si c'est la roue c qui forme un tout avec son axe.

(I 8.)

AB, CD et EF sont trois axes parallèles; chacun de ces axes porte deux roues dentées a et b ; celles de ces roues qui appartiennent à l'axe AB (auquel nous supposons appliqué le moteur) sont fixes à l'axe; les autres entrent à frottement doux dans leurs axes respectifs; mais on peut les fixer par les méthodes indiquées (I 7', K 7'); nous supposons les roues a d'égal diamètre, ainsi que les roues b ; mais le diamètre de ces dernières est double du diamètre des premières. On peut combiner le système de quatre manières différentes:

1°. Si on fait engrener les deux roues b , appartenant aux axes CD, EF , avec la roue a de l'axe AB , les deux axes CD, EF tourneront dans le même sens (contraire à celui du moteur), avec la même vitesse, qui sera égale à la moitié de la vitesse de l'axe AB .

2°. Si ce sont les deux roues a des axes CD et EF qui engrenent avec la roue b de l'axe AB , les deux premiers axes tourneront dans le même sens avec des vitesses égales, doubles de la vitesse du moteur.

3°. Si on fait agir la roue b de l'axe CD sur la roue a de l'axe AB , et la roue b de l'axe AB sur la roue a de l'axe EF , les deux axes CD et EF tourneront dans le même sens, et les vitesses de AB, CD, EF seront dans le rapport de 2 : 1 : 4.

4°. Si on fait agir la roue *a* de l'axe *CD* sur la roue *b* de l'axe *AB*, et la roue *a* de l'axe *AB* sur la roue *b* de l'axe *EF*, les deux axes *CD* et *EF* tourneront dans le même sens, et les vitesses de *AB*, *CD*, *EF* seront dans le rapport de 2 : 4 : 1.

(K 8.) (Plan et élévation.) Planche 6.

Transformer un mouvement circulaire continu et uniforme, en un autre circulaire et variable, dont la vitesse change suivant une loi donnée.

Ce problème peut se résoudre généralement. Si on veut qu'un axe *D* fasse un nombre *n* de révolutions, tandis qu'un autre *C* en fait une avec des vitesses variables, il est aisé de prévoir que deux points des deux axes doivent se retrouver dans la même position après un nombre *n* de révolutions de l'axe *D*, ou une seule de l'axe *C*; il faudra donc que les espaces, parcourus par ces points, soient les mêmes après un nombre *n* de révolutions de *D*, ou après une seule de *C*.

Pour simplifier l'application, nous supposerons que les deux axes fassent un tour dans le même temps; ce cas bien entendu, tous les autres n'offriront pas la moindre difficulté.

Soient *PQ*, *MN* les axes de deux roues; *abC*, *adD* deux segmens tels que l'arc $ab = ad$, l'un et l'autre dentés et placés à la hauteur de la ligne 1, 1; *b'efC*, *d'n m D* deux segmens d'un rayon égal, tel que l'arc $b'ef = d'n m$, l'un et l'autre dentés et placés à la hauteur de la ligne 2, 2; *qCp*, *qDr* deux segmens égaux aux segmens *aDd* et *abC*, mais placés à la hauteur de la ligne 3, 3.

On voit que par cet arrangement les vitesses peuvent varier par des intervalles finis, et de la manière qu'on voudra, pourvu qu'on remplisse la condition de faire rencontrer les points *a*, *a* à la fin d'un nombre *n* de révolutions de l'axe *MN*.

La construction de cette machine présente quelque difficulté, à cause du changement d'engrenage, lorsqu'elle passe d'un rapport de vitesse à un autre; mais cette difficulté diminue, en faisant les dents

très-petites. Dans le cas où l'on ne pourrait les rendre assez courtes, il faudrait aider à ce passage par une force extérieure, comme celle d'un ressort ou d'un poids.

On peut résoudre le même problème par le moyen de deux cônes tronqués A et B , fig. (K'), d'égales dimensions, placés comme l'indique la figure, c'est-à-dire, à quelque distance l'un de l'autre, ses axes parallèles, et la petite base de A en haut et à la même hauteur que la grande base de B . On a creusé une gorge, en forme d'hélice, dans les surfaces convexes de ces deux cônes tronqués, et on a attaché l'une des extrémités d'une corde nm au point où la gorge spirale tracée sur la surface de B prend naissance à sa grande base, et, après l'avoir enveloppé tout autour de la même spirale, on a attaché son autre extrémité au point correspondant de la grande base de A . Il est évident que, si le cône tronqué A tourne dans la direction qu'il convient, avec une vitesse uniforme, l'autre B tournera aussi, mais avec une vitesse variable et décroissante, d'abord plus grande que celle de A , après égale, et d'autant plus petite à la fin qu'elle était grande au commencement, la corde nm se trouvera alors enveloppant la gorge spirale tracée sur la surface de A . Le mouvement ne pourra plus continuer dans le même sens.

Si, au lieu de creuser des gorges en forme d'hélice sur les surfaces convexes des deux cônes tronqués A et B , on laisse ces surfaces unies, et qu'on substitue en place de la corde nm , une autre corde sans fin qui les embrasse l'un et l'autre, il est évident que cette corde pourra occuper la place qu'on voudra dans la hauteur des cônes, sans avoir besoin de changer de longueur. Supposons d'abord que la corde sans fin est placée dans la partie inférieure des cônes, le mouvement uniforme de rotation de A communiquera à B un autre de la même espèce, mais dont la vitesse sera plus grande que celle de A , dans un rapport connu, mouvement qui pourra être continué aussi long-temps qu'on voudra; à mesure qu'on fera marcher la corde sans fin vers la partie supérieure des cônes, ce rapport des vitesses diminuera, deviendra égal à l'unité, quand la corde aura atteint

le milieu de la hauteur des cônes, et suivra une marche inverse à mesure qu'elle s'approchera des bases supérieures. Les Anglais font usage de ce mécanisme, avec le plus grand succès, pour modifier les vitesses du mouvement circulaire continu, particulièrement dans les tours qu'on emploie dans les manufactures de faïence et de porcelaine. Ils font monter ou descendre la corde sans fin, par le moyen d'un cric placé au milieu de l'intervalle qui sépare les deux cônes; la crémaillère du cric est placée parallèlement à leurs axes, et dirige la marche de la corde sans fin. Ce mécanisme est très-simple, et il donne instantanément tous les changemens de vitesse dont on peut avoir besoin.

(L 8.) (*Plan et élévation.*)

Si on suppose que le mouvement de l'un des deux axes MN , PQ de la figure précédente, soit uniforme, on peut rendre celui de l'autre uniformément accéléré et retardé, comme l'a fait M. Roëmer, de l'Académie royale des sciences, dans la construction d'une roue propre à exprimer par son mouvement l'inégalité des révolutions des planètes. (*Machines approuvées par l'Académie*, tome I, n°. 24.)

Cet auteur suppose un pignon conique A taillé dans toute sa longueur, comme on voit dans la figure; ses dents en fer engrènent dans celles d'une roue B qui est aussi conique; les dents de la roue B sont placées sur sa surface en forme de spirale abc , et il est inutile d'observer que la forme, la position et les dimensions de chacune de ces dents sont déterminées par la forme et la position de la partie de la dent du pignon avec laquelle elles doivent s'engrener.

Ceci n'est qu'un cas particulier du problème général que nous venons de résoudre.

* (M 8.) (*Plan et élévation.*)

Soit A un tambour; B un cône tronqué, dont le contour est cannelé en rainure creuse, faite en spirale, allant de la base au sommet, et abc une corde dont l'extrémité a est fixe au cône, près de sa base

la plus petite ; cette corde s'enveloppe autour de la rainure creuse , et va s'attacher à la surface du tambour en *c* : le mouvement uniforme de rotation du tambour produira un mouvement de rotation variable dans le cône tronqué ; et réciproquement , si c'est le cône tronqué qui tourne avec une vitesse uniforme , le mouvement de rotation du tambour sera variable.

Dans les montres on emploie comme moteur un ressort renfermé dans le tambour *A* , qu'on nomme *barillet* : le cône tronqué *B* est connu sous le nom de *fusée*. Autour de la rainure creusée s'enveloppe la chaîne qui va de la fusée au barillet ou tambour ; et c'est par l'inégalité des diamètres des spirales que la fusée obtient la propriété d'égaliser la force inégale du ressort.

Les horlogers parviennent , par le moyen d'une balance ou ressort , à donner à la fusée la forme qui convient à un ressort donné.

On trouve dans le *Theatrum machinarum*, de *Leupold*, tome I, planch. 48, la description de différentes machines pour mesurer la force du vent ; la première se réduit à une voile ou châssis vertical placé sur un chariot ; ce chariot est mis sur une planche horizontale ; à l'une des extrémités de cette planche se trouve un axe horizontal , garni d'un *tambour* et d'une *fusée*. Une corde attachée au chariot passe par une poulie de renvoi , qui se trouve à l'extrémité de la planche , et vient se fixer au *tambour* , après avoir fait sur lui quelques tours ; une autre corde est fixée à la partie de la *fusée* la plus proche de l'axe de rotation , et se trouve tendue par l'action d'un poids ; le tout est disposé de manière que , le châssis étant tout près du bord de la table , le poids qui tend à tourner l'axe dans un sens se trouve en équilibre avec le frottement que le châssis éprouve. Si on place cet appareil de manière que le vent frappe perpendiculairement la voile , le chariot marchera le long de la planche ; mais ce mouvement ne peut pas avoir lieu sans que le tambour tourne autour de son axe , et la corde que soutient le poids s'enveloppera autour de la *fusée* ; il arrivera donc un moment où l'équilibre aura lieu , et dans ce cas le rayon de la *fusée* , au point où la corde la touche , donnera la force du vent ;

toutes les autres machines données par l'auteur se trouvent fondées sur le même principe.

(N 8.)

AB est un madrier fixe ; l'axe de la roue dentée *C* entre dans la rainure *mn* : la roue *C* tend à s'approcher de *A* par le moyen d'un ressort ; *D* est une surface , par exemple elliptique , dont le contour est garni de dents. Le mouvement circulaire uniforme de la roue *C* communiquera à la surface *D* un mouvement circulaire qui changera de vitesse. Ce moyen présente les mêmes difficultés que (K 8 et L 8) relativement à l'engrenage , et n'a lieu rigoureusement qu'en supposant les dents infiniment petites ; mais on peut leur substituer une corde sans fin un peu élastique , ou bien tendue par le moyen d'un poids ou d'un ressort , sans oublier l'observation faite (B 8) sur la manière de placer ce poids ou ressort.

(O 8.)

Joint brisé qui sert à changer le plan du mouvement circulaire : on en fait usage dans les instrumens d'astronomie , quand l'observateur , sans changer de place , a besoin de communiquer un mouvement circulaire à des points éloignés , et qui sont dans des plans différens.

MM. de Bétancourt et Breguet ont fait une application très-ingénieuse de ce mouvement à leur télégraphe dans les points où la ligne télégraphique fait des angles ; ils ont démontré , dans un mémoire qu'ils ont présenté à l'Institut national , que si le mouvement de rotation de l'un des deux axes est uniforme , celui de l'autre sera variable , et le rapport de la vitesse du premier à celle du second , sera le même que celui qu'il y a entre la valeur réelle des angles formés sur la surface d'un cercle perpendiculaire au premier axe , par des rayons qui partagent sa circonférence en un certain nombre de parties égales , et la valeur apparente de ces mêmes angles mesurés par un observateur placé à une très-grande distance , dans une direction parallèle à celle

du second axe. La connaissance de cette propriété est très-utile pour calculer les différences de résistance qui ont lieu dans ce mouvement, surtout quand on l'applique en grand, comme il arrive en Hollande, où l'on en fait un grand usage pour changer l'inclinaison des vis d'*Archimède* qui tournent par des moulins à vent, et qui servent pour les épuisemens.

Si on nomme I l'angle formé par les deux axes que nous supposons horizontaux; α l'angle formé par le rayon vertical et un autre quelconque du cercle dont le plan est perpendiculaire à l'axe qui tourne avec une vitesse uniforme; α' l'angle apparent correspondant, on aura

$$\text{tang. } \alpha' = \frac{\text{tang. } \alpha \cos. I}{R}.$$

La différence des vitesses des deux axes fait voir celle qui doit avoir lieu entre la puissance et la résistance dans le cas d'équilibre.

M. Droz a fait une application du *joint brisé* au laminoir de son invention.

Dans le n°. 24, tom. VIII, pag. 317 des *Annales des arts et manufactures*, on trouve l'explication d'un semoir universellement connu en Angleterre, inventé par M. Wright, où le joint brisé se trouve également employé : sa description est tirée du volume XV, page 369 du *Répertoire des arts et manufactures*, imprimé à Londres.

On peut aussi consulter l'ouvrage de Gaspar Scholt, dont le titre est : *Technica curiosa sive mirabilia artis*, anno 1664, pag. 664.

(P 8.)

Soit AB un axe qui se trouve interrompu par un obstacle ou par des circonstances particulières qui obligent à préférer cette construction à celle qui aurait lieu si l'axe était d'une seule pièce. On désire que ces deux portions tournent comme si l'axe était continu.

On fixera à chaque partie de l'axe interrompu AB une roue E et F d'un diamètre égal; à côté de l'axe AB , on établira l'axe NM dans un plan parallèle à AB , et à égale distance des roues E et F ; sur cet axe on formera deux gorges C et D , dont les plans sont perpendiculaires à l'axe NM : la distance qui les sépare l'un de l'autre

doit être égale à la distance des roues *E* et *F* : deux cordes sans fin embrassent les roues *E*, *F* et les gorges *C*, *D* : les deux cordes doivent se trouver disposées de la même manière, c'est-à-dire, que l'une et l'autre doivent se croiser ou non dans l'intervalle des deux axes, afin que l'axe *MN* puisse transmettre son mouvement de rotation à l'axe interrompu, comme s'il ne l'était pas; mais si l'une de ces cordes sans fin se croise, et l'autre non, comme elles sont représentées dans la figure, dans ce cas, l'une des deux parties de l'axe interrompu tournera dans une direction, et l'autre tournera dans une direction contraire.

(Q 8.)

Les mécaniciens se trouvent souvent dans le cas d'employer différens moyens; soit pour régulariser les inégalités survenues à la force motrice, soit pour garantir les machines et les hommes des accidens quelquefois très-fâcheux auxquels donnent lieu des changemens trop brusques survenus à une des puissances qui agissent sur la machine. Tout le monde connaît l'usage que l'on fait des *fusées* (M 8), dans les montres ordinaires, pour rendre uniforme l'action inégale du ressort : les différens moyens qu'on emploie, soit pour rendre constante la longueur du pendule, qui tend continuellement à varier par l'action de la température, soit pour rendre isochrones les oscillations du balancier : on connaît aussi l'emploi qu'on fait d'une roue à ailes dans les *sonneries*, pour retarder, par la résistance que ces mêmes ailes éprouvent de la part de l'air, le mouvement trop rapide communiqué par le moteur, mécanisme qu'on emploie aussi dans d'autres machines. Dans le paragraphe (N 7') nous avons fait connaître le moyen qu'on emploie dans la pompe à feu, pour régulariser l'action de la vapeur. Dans les machines où les hommes agissent comme moteur; par exemple, quelques unes de celles qu'on emploie dans les ports de mer, soit pour les nettoyer, soit pour élever ou descendre des poids très-considérables : si la corde vient à casser, la vie des hommes serait en grand danger, sans l'usage généralement adopté d'un grand ressort

en bois, connu sous le nom de *bride*, qui s'applique sur la circonférence de la grande roue; le frottement répare dans quelques instans le trouble produit par cet accident, et garantit de tout danger les hommes et la machine, comme nous l'avons fait voir dans la remarque pag. 67.

Notre ami, *M. Breguet*, vient d'employer dans la construction d'une pendule, un mécanisme qui a pour objet de régulariser approximativement l'action variable du moteur sur les derniers mobiles d'un mouvement de pendule, en augmentant le frottement à mesure que la force motrice augmente : ce mécanisme est susceptible, à notre avis, d'autres applications. Il est composé des trois roues *A*, *B*, *C*; montées sur une plaque *EEEE'*, de deux pignons, et d'une bascule *D*, dont le centre de mouvement, variable au besoin, est en *E'* : cette bascule porte en *D* un pivot de la roue *B*, et vient s'appuyer sur une partie ronde fixe sur l'axe de la roue *C*.

Supposant que la roue *A* soit mue dans le sens de la flèche par une force variable, telle que celle d'un ressort : plus la force agissante sur cette roue sera forte, et plus cette roue aura d'effet sur le pignon de la roue *B* : mais comme ce pignon est porté par la bascule *D*, il la tire vers le point *B*, et fait appuyer son extrémité sur la partie ronde de la roue *C*, dont le frottement sur les pivots est considérablement augmenté, ce qui tend à diminuer le trop de force qu'aurait la roue *C*, quand le ressort sera armé de toute sa bande.

(R 8.) (*Plan et élévation.*)

A et *B* sont deux roues de diamètres différens, comme on les voit représentées dans la figure : elles entrent l'une et l'autre, à frottement doux, dans un axe commun et immobile, et se trouvent dans des plans différens : la circonférence de la roue *A* est taillée en gorge pour recevoir une corde sans fin, et la roue *B* a aussi non-seulement sa circonférence taillée de même, mais encore on a ménagé sur sa surface d'autres parties saillantes qui forment une suite de roues de

différens diamètres, et dont les circonférences se trouvent aussi taillées en gorge.

Sur un axe perpendiculaire aux surfaces des deux roues *A* et *B*, se trouvent deux roues *C* : le diamètre de ces roues est égal à la différence des rayons des deux roues *A* et *B* : elles sont placées sur cet axe de manière que les dents de l'une peuvent s'engrener avec les dents de la roue *A*, et les dents de l'autre avec celles de la roue *B*. La combinaison et la forme de ces engrenages est arbitraire, et ne dépend que des circonstances qui peuvent décider le choix du mécanicien.

La tige *ef* se termine par deux anneaux ; l'axe qui appartient à la fois aux deux roues *A* et *B* entre à frottement doux dans l'un de ces anneaux, et celui qui appartient aux deux roues *C* entre de même à frottement doux dans l'autre anneau, ce qui oblige ce dernier axe à rester toujours parallèle et à égale distance du premier.

D est un cylindre à qui le moteur communique un mouvement circulaire continu. Deux cordes sans fin transmettent ces mouvemens en sens contraire aux deux roues *A* et *B*.

Pour donner plus de généralité au problème, nous supposerons d'abord que les diamètres des deux roues *C* ne sont pas égaux entre eux, et en nommant *r* le rayon de la roue *A*, *e* celui de la roue *C* qui engrène avec elle, *r'* le rayon de la roue *B*, *e'* celui de l'autre roue *C* qui engrène avec la roue *B*, *v* la vitesse angulaire de rotation de la roue *A*, *v'* celle de la roue *B* en sens contraire du mouvement de la roue *A*, et *v''* la vitesse angulaire de la tige *ef* qui peut d'ailleurs être regardée comme étant un des rayons d'un troisième cercle : on trouvera l'équation qui doit avoir lieu entre ces quantités, de la manière suivante.

Supposons, pour un moment, que la roue *B* étant immobile, la tige *ef* fasse une révolution autour de l'axe commun à *A* et à *B* ; il est évident que la roue *A* parcourra, dans le même temps et dans la même direction que la tige, un espace angulaire égal à $1 + \frac{r'}{e} \cdot \frac{e}{r} = \frac{re' + r'e}{re'}$; et par la même raison si on suppose, aussi pour un moment, que la roue

A reste immobile, et que la tige *ef* fasse une révolution, la roue *B* parcourra dans le même temps et dans la même direction un espace angulaire $= \frac{re' + r'e}{r'e}$, on aura donc

$$v'' = \frac{v.re' - v'.r'e}{re' + r'e}$$

Et en supposant comme on l'a fait dans la fig. (R 8), $e = e'$

$$v'' = \frac{v.r - v'.r'}{r + r'}$$

la tige *ef* restera donc immobile toutes les fois qu'on aura $vr = v'r'$, c'est-à-dire, quand les roues *A* et *B* tourneront en sens contraire avec des vitesses angulaires réciproquement proportionnelles à leurs rayons, ce qui arrive quand les cordes enveloppent les circonférences des deux roues *A* et *B* quel que soit le rapport entre leurs diamètres. Avec ce mécanisme on peut rendre le mouvement de rotation angulaire de la tige *ef* aussi petit qu'on voudra; mais, comme dans la pratique il faut éviter, autant que possible, l'usage de roues semblables à celle indiquée par *A* dans la figure, nous substituerons à sa place une autre de forme ordinaire, et conservant toujours les mêmes indications; voici comment on détermine dans ce cas l'équation qui doit avoir lieu.

En supposant la roue *B* immobile, pendant que la tige *ef* fera une révolution, la roue *A* aura parcouru un espace angulaire égal à $1 - \frac{r'}{e} \cdot \frac{e}{r}$, dans la même direction de la tige si $1 > \frac{r'}{e} \cdot \frac{e}{r}$; dans une direction contraire si $1 < \frac{r'}{e} \cdot \frac{e}{r}$.

De même si la roue *A* est immobile, pendant que la tige *ef* fera une révolution, la roue *B* aura parcouru un espace angulaire égal à $1 - \frac{r}{e'} \cdot \frac{e'}{r'}$, dans la direction de la tige si $1 > \frac{r}{e'} \cdot \frac{e'}{r'}$; dans une direction contraire si $1 < \frac{r}{e'} \cdot \frac{e'}{r'}$.

Les inégalités $1 > \frac{r}{e'} \cdot \frac{e'}{r'}$ et $1 < \frac{r}{e'} \cdot \frac{e'}{r'}$, étant une conséquence nécessaire l'une de l'autre, il s'ensuit que, quand les deux roues *A* et *B* tournent en sens contraire, chacune d'elles tend à faire tourner la tige *ef* dans une même direction.

Nous avons dit que pendant une révolution de la tige ef , la roue A parcourait un espace angulaire égal à $\frac{re' - r'e}{re'}$, supposons que cela a lieu dans la même direction, dans ce cas, pendant que la roue A fera une révolution, la tige ef en fera $\frac{re'}{re' - r'e}$ dans la même direction; et pendant une révolution de la roue B dans une direction contraire au mouvement de A , la tige fera encore dans la direction de A l'espace angulaire $\frac{r'e}{re' - r'e}$; donc, en vertu de l'action simultanée des deux roues sur la tige, on aura l'équation

$$\psi'' = \frac{\nu \cdot re' + \nu' \cdot r'e}{re' - r'e}$$

équation dans laquelle $r + e = r' + e'$.

Si les deux roues A et B tournent dans le même sens, en supposant $\nu = \nu' + t$, on aura $\psi'' = \nu' +$ l'effet produit par t en supposant immobile la roue B .

(S 8.) *Planche n°. 11.*

Supposons maintenant que les diamètres des deux roues A et B dont il vient d'être question dans les cas précédens, sont égaux, et substituons à la place des deux roues C une seule dont le plan soit perpendiculaire aux surfaces de A et de B , avec lesquelles elle s'engrène par des engrenages coniques. La roue C entrelibrement dans l'axe rse , cet axe est percé en s d'un orifice par lequel traverse l'axe DE : les trois roues A , B et C sont maintenues dans leurs positions respectives par des colliers faits dans les axes DE et esr , qui les empêchent de glisser le long de ces axes.

La roue C a deux mouvemens de rotation, l'un autour de son axe rs , l'autre autour de l'axe DE .

Soient ν , ν' et ν'' les vitesses angulaires de rotation des roues A , B et C , si on suppose que A et B tournent en sens contraire l'une de l'autre, raisonnant comme nous l'avons fait dans les deux cas précédens, on aura

$$\nu'' = \frac{1}{2} (\nu - \nu').$$

On peut assujettir à l'axe *r s e*, un anneau *r n e m*, dont le plan soit parallèle à celui des roues *A* et *B*, comme on le voit dans la fig., et dont le bord extérieur soit circulaire ou ait toute autre forme qu'on voudra, ou que les circonstances exigent et qu'on pourra tracer par les principes développés (A 7), et par ce moyen on peut transformer un mouvement circulaire en rectiligne alternatif avec toutes les modifications de vitesse et de direction qu'on voudra.

Le mécanisme que nous venons de décrire, est très-simple, il peut être exécuté en petites dimensions, et il est susceptible d'une infinité d'applications très-utiles dans les arts, comme nous le prouverons par quelques exemples.

§ IX.

Le mouvement circulaire continu, avec une vitesse uniforme ou variable d'après une loi donnée, peut se changer en circulaire alternatif avec une vitesse ou constante ou variable, d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

Les mouvemens (E 7), (U 7), (B 7'), (E 7'), (G 7'), (H 7'), (I 7'), (K 7'), (L 7'), (M 7'), peuvent aussi appartenir à ce paragraphe.

(A 9.)

A est une roue dont le champ est garni d'ondes, et qui communique un mouvement circulaire alternatif au levier coudé *P S R*. On peut voir dans le Mémoire de M. *Deparcieux*, que nous avons déjà cité, la manière de construire ces ondes. *Mémoires de l'Académie* (la réciprocque n'a pas lieu).

(B 9.)

C'est un cas particulier du mouvement précédent, dans lequel il n'y a qu'une seule onde. On en trouve l'application dans les ouvrages *The repertory of arts and manufactures*, vol. III, page 220; *Specification of the patent granted to M. William Fulton*, etc., for his

method of working pumps (as well on board ships as on land), rubbing-boards used in bleaching, and all other mechanical machines of similar natures, by means of cylinder with its appertances, et dans les Annales des arts et manufactures, tome XXII, page 325.

On peut tracer sur la surface d'un cylindre une rainure de cette forme, puis, en y introduisant les extrémités de deux leviers, transmettre un mouvement alternatif à quatre pompes à la fois, en faisant que deux aspirent pendant que les deux autres refoulent.

Leupold, dans son ouvrage déjà cité, dont le titre est *Theatrum machinarum hydraulicarum*, tome I^{er}., applique ce mécanisme à remonter l'eau par le moyen de deux seaux. Il place le mécanisme (B 9) vers l'extrémité supérieure d'un axe vertical, qui tourne toujours dans le même sens, par l'action d'une chute d'eau sur les palettes d'une roue hydraulique horizontale. Une pièce de bois placée verticalement dans la prolongation de cet axe, soutient une longue flèche horizontale, ce qui présente exactement la forme d'une balance; la pièce de bois correspond à l'échape, et la flèche tient lieu des bras de la balance. La flèche porte à chaque extrémité un seau, et s'appuie sur le mécanisme (B 9) par des roulettes de friction. Le mouvement circulaire de l'axe de la roue hydraulique, communique un mouvement de balancement à la tige horizontale, et les deux seaux montent alternativement l'eau d'un étang inférieur à un réceptacle supérieur.

(C 9.) (*Plan et élévation.*)

On déduira facilement du Mémoire de *M. Deparcieux*, déjà cité (A 7), le moyen de tracer une courbe *amnp*, creusée en gorge, et fixe à un levier *AB*, qui peut tourner librement autour d'un axe qui traverse son extrémité *A*; si on suppose, 1°. que la roue *M* tourne uniformément autour de son centre; 2°. que la goupille *p* fixe à un point de la surface de la roue *M*, entre dans la gorge qui forme la courbe *amnp*, cette courbe peut être telle que le levier *AB* fasse des oscillations qui remplissent une des conditions suivantes : 1°. que les

arcs décrits par un point quelconque de la règle AB , le soient avec une vitesse uniforme; 2°. que cette vitesse varie selon une loi donnée; 3°. enfin que ce ne soit pas l'arc décrit, mais bien sa corde qui soit parcourue avec une vitesse uniforme, ou variable d'après une loi donnée.

La courbe qu'on remarque dans cette figure a été tracée de manière à pouvoir satisfaire à la première de ces trois conditions.

(D 9.) (*Plan et élévation.*)

On peut aussi fixer la courbe $amnp$ à la surface de la roue M , et faire en sorte que le mouvement circulaire uniforme de la roue M communique au levier AB un mouvement d'oscillation qui puisse satisfaire à une des trois conditions que nous venons d'exposer dans le mouvement qui précède, par le moyen d'une cheville p fixe au levier, et qui s'engage dans la rainure de la courbe $amnp$. La courbe tracée dans cette figure remplit la première des trois conditions. Les artifices que nous venons d'indiquer dans cet article et celui qui précède, sont susceptibles de différentes applications utiles aux arts, par la solution d'une foule de problèmes curieux.

Si c'est le mouvement circulaire alternatif du levier qu'on considère, tous ces mouvemens appartiennent à ce paragraphe; mais si c'est la corde de l'arc tracé sur laquelle on peut fixer une règle percée par une rainure, l'intersection de cette rainure avec une autre longitudinale, faite dans le levier, offre un point vide dans lequel on peut introduire une pointe qui aura un mouvement rectiligne alternatif; dans ce cas, les deux mouvemens (C 9) et (D 9) appartiennent au § VII. La même chose arrive, si c'est le mouvement d'un poids suspendu à l'extrémité de la règle, par le moyen d'une corde qui passe par une poulie de renvoi. Enfin si on communique à la roue M un mouvement circulaire alternatif, ces mêmes mouvemens appartiendront au § XVII et au § XIX.

M. Volet a fait l'application du mouvement (D 9) à l'échappement

d'une montre. (*Machines approuvées par l'Académie royale de Paris*, tom. VII, n°. 450.)

(E 9.)

Un cylindre *A* garni de cammes, fait lever le marteau *B*, qui tourne sur son axe *C*. Ce mouvement est trop connu pour nous arrêter à donner d'autres éclaircissemens.

(F 9.) (*Plan et élévation.*)

Solution inverse du problème § IX : *A* est une extrémité de l'axe d'une grande roue ou volant garni d'un cercle *B* taillé en rochet. *CC* est une roue qui entre dans l'axe du volant par frottement doux; elle porte un cliquet *q* qui accroche dans la roue à rochet au moyen d'un ressort.

Le mouvement circulaire alternatif de la roue *C* transmettra au volant dont l'axe est *A*, un mouvement circulaire continu dans le même sens; mais la roue *C* n'agira que pendant la moitié de son oscillation. On peut voir dans le Rapport de MM. de Prony et Molard, cité plus haut (H 7), l'application que White a faite de ce mouvement à sa machine.

M. Ridley, artiste anglais, a appliqué ce même mouvement aux tours en l'air, d'une manière telle, que la force motrice agit à l'instant que le pied est mis sur la pédale; l'effort s'en fait sentir constamment au point où l'on doit obtenir le plus grand effet. La description de cette nouvelle roue des tours en l'air, se trouve dans les *Annales des arts et manufactures*, n°. 19 et 20.

(G 9.)

C'est une application du mouvement précédent. *PQ* est un balancier qui a un mouvement circulaire alternatif qu'il communique à la roue *C*, au moyen de la corde *abcde* tendue par le poids *P* ou par un ressort. La roue *C* entre par frottement doux dans l'axe *A* du volant *N*; l'extrémité de l'axe du volant est garnie d'une roue à

rochet où s'accroche le cliquet α fixé dans la roue C . Le mouvement circulaire alternatif de la roue C fait tourner le volant dans le même sens.

Le n°. 46, VI^e. vol. de la *Bibliothèque britannique*, article *Arts*, décrit une application de ce mouvement. « Verbal de la patente accordée à *Thomas Bingen*, pour une manière de produire un mouvement de rotation par l'action d'un mouvement alternatif dans une direction quelconque, qui serait donnée par une machine à vapeur » ou par un autre principe. » Le rédacteur y a ajouté une note sur les volans.

(H 9.) *Planche n°. 7.*

AB est un balancier susceptible d'un mouvement circulaire alternatif autour de l'axe C ; cd une tige qui tourne librement sur son axe en c ; à son extrémité d se trouve fixée la roue dentée E , qui engrène dans une autre F fixe à l'axe du volant N ; dans la face opposée des deux roues dentées E et F , est une tige ef qui force la roue E à conserver cette même distance au centre de l'axe du volant; le mouvement alternatif circulaire du balancier AB contraint la roue E à monter et descendre; mais il ne peut avoir lieu sans que la roue F tourne sur son centre. Suivant la forme de la machine, le mouvement actuel peut être continu ou alternatif; mais l'inertie du volant le rend nécessairement continu et presque uniforme: la réciproque a lieu quand le mouvement a commencé. Dans les pompes à feu, on emploie ce mécanisme, connu sous le nom de *la mouche*. M. de Prony, en a donné la description dans son *Architecture hydraulique*, II^e. part., pag. 118.

On conçoit que, malgré que les deux roues E , F soient du même diamètre, le volant N doit faire deux révolutions pour chaque oscillation du balancier, ce qui dispense de faire les volans aussi grands que l'exigerait la manivelle ordinaire pour produire le même effet.

(19.)

Voici un extrait de la patente accordée, en Angleterre, à *Edmond Cartwright*, pour un mouvement de rotation communiqué par la vapeur, et dont la vitesse peut être augmentée à volonté, sans le secours d'aucun engrenage. Cet extrait, traduit de l'anglais par *M. Henry*, ingénieur surnuméraire des mines, se trouve dans le *Journal des mines*, n°. 59, pag. 825.

« La partie supérieure *AB* du châssis qui embrasse la chaudière,
 » le cylindre, le volant et toutes les parties mouvantes de la machine,
 » est traversée par un axe sur lequel roule une poulie *C*, autour de
 » laquelle s'enveloppe une chaîne fixée au haut de la tige *T* du piston
 » (la poulie *C* est mise en mouvement alternatif circulaire par le
 » piston et son contre-poids *P*). Cet axe est armé d'une manivelle
 » *D*, qui, au moyen d'une allonge ou bièle *K*, communique à un
 » levier *F* placé horizontalement sur le haut ou sur le côté de la chau-
 » dière. Il y a un autre axe placé au-dessus, ou au-dessous, ou à côté
 » du premier, qui traverse le volant *G*, et qui est terminé de l'autre
 » côté par une manivelle *H*, qui communique de la même manière
 » que la précédente (par le moyen de l'allonge *I*) au levier horizon-
 » tal *F* dont on vient de parler.

» Il est évident que lorsque la poulie *C* est mise en mouvement
 » par l'action du piston *T*, la manivelle *D* qui termine son axe, fera
 » mouvoir celle de l'axe du volant *G*, puisqu'elles sont l'une et l'autre
 » attachées au même levier *F*. Si donc la poulie se meut dans la
 » direction de *a* en *b* et de *b* en *a* par l'action du piston et de son
 » contre-poids, et si la manivelle de l'axe de la poulie se meut dans la
 » même direction, celle de l'axe du volant fera les mêmes mouvemens
 » de *va et vient*, à moins que sa longueur, comme cela doit être en
 » effet, ne soit tellement déterminée, qu'à la fin de sa course elle
 » puisse passer au-delà ; dans ce cas, le mouvement de rotation du
 » volant aura lieu.

» Si la manivelle de l'axe de la poulie *C* est tellement disposée que

» quand elle se meut dans un espace quelconque qui n'excède pas une
 » révolution complète, la manivelle passe alors de e en a par f , ou
 » dans la direction de l'espace parcouru par un point donné de la
 » poulie; alors la manivelle fera faire deux vibrations au levier par
 » un seul coup de piston, et dans le même temps le volant G fera
 » deux révolutions. De plus, si le diamètre de la poulie est tellement
 » proportionné qu'à chaque coup piston la poulie achève une révo-
 » lution et demie, et rétrograde d'autant, le levier recevra trois vibra-
 » tions par chaque coup de piston. Enfin, si le diamètre de la poulie
 » est proportionné de manière à faire deux révolutions directes et
 » rétrogrades pour chaque coup de piston, dans ce cas, le levier
 » fera quatre vibrations, et le volant quatre révolutions.

» On voit que par ce moyen le volant peut tourner avec une vi-
 » tesse donnée, sans le concours d'aucun engrenage. »

(K 9.)

Pédale ordinaire. Si on suppose que la manivelle du volant com-
 munique avec l'extrémité du levier inférieur (ou pédale), par une tige
 inflexible, le rapport entre les parties constituantes de la *pédale*, et leur
 jeu cessent d'être indéterminés, comme ils le sont jusqu'à un certain
 point, quand on emploie un corps flexible; en effet, si on suppose
 donnés, 1°. la longueur du levier inférieur, 2°. le centre de rotation de
 ce levier, 3°. la valeur de l'angle qu'il doit parcourir à chaque oscilla-
 tion, 4°. la position du centre du volant, relativement au centre de
 rotation du levier inférieur; la longueur de la manivelle et celle de
 la tige inflexible sont des quantités déterminées. Pour trouver
 leurs valeurs, on placera la *pédale* proprement dite, c'est-à-dire, le
 levier inférieur, dans ses deux positions, la plus élevée et la plus basse,
 et on mènera deux lignes droites du centre du volant à l'extrémité de
 la *pédale*, dans ces deux positions. La première de ces deux distances
 est connue, et elle doit être égale à la longueur de la tige inflexible
 moins la longueur de la manivelle; la seconde aussi connue doit être
 égale à la somme de ces deux mêmes quantités. Par conséquent, la tige

inflexible, qui doit être plus grande que la manivelle, est égale à la moitié de la somme des deux distances entre le centre de rotation du volant et l'extrémité de la *pédale* dans ses deux positions extrêmes; et la manivelle doit être égale à la moitié de la différence de ces mêmes distances. Si on suppose uniforme la vitesse angulaire de la *pédale*, celle du volant sera variable dans tous ses points; mais ces inégalités deviennent moins sensibles à mesure que l'angle parcouru par la *pédale* ou levier inférieur est plus petit, et plus grande la distance entre le centre du volant et celui de rotation de la *pédale*.

(L 9.)

Le changement du mouvement circulaire uniforme en circulaire alternatif variant de vitesse d'une manière déterminée, est un problème qui a occupé l'attention des horlogers pour la fabrication des pendules et des montres à équation. En voici un exemple qui se trouve dans les *Machines approuvées par l'Académie*, tom. IV, n°. 2 67.

« Quadrature de pendule qui marque le temps vrai, inventée par » le vicaire de Saint-Cyr.

» La roue annuelle *A* porte une courbe d'équation *B C D*; sur la » largeur de cette courbe est pratiquée une gouttière parallèle au » bord de la courbe; dans cette gouttière coule un bouton *E* adapté » à la pièce *E F*, mobile au point *F*; ce bouton tient encore à une » seconde pièce *E G* attachée au canon *H* qui porte l'aiguille des » minutes *I*, de manière qu'elle suit les vibrations de la courbe » dans plus de la moitié de la circonférence du cadran des mi- » nutes; et qui est suffisant pour marquer les inégalités que marque » l'équation. »

On trouvera d'autres mécanismes pour résoudre les mêmes problèmes dans les mémoires dont les titres suivent, et qui se trouvent dans le *Recueil des Machines approuvées par l'Académie des sciences*.

Pendule qui marque le temps vrai, inventée par *Le Bon*, horloger, tom. III, n°. 146.

Quadrature de pendule qui marque le temps vrai, par le même, tom. IV, n°. 235.

Pendule qui marque le temps vrai, inventée par *M. Krieglissen*, tom. IV, n°. 269.

Quadrature d'une pendule qui marque le temps vrai et le temps moyen, par *Thiout*, tom. IV, n°. 278.

Montre à équation, inventée par *M. J.-B. Dutertre*, tom. VII, n°. 453.

Pendule à équation, inventée par *M. Ferdinand Berthoud*, tom. VII, n°. 488.

Une autre pendule, tom. VII, n°. 495.

(M. 9.)

Voici encore le mécanisme employé par notre ami *M. Breguet*, dans une pendule à équation.

Ce mécanisme, de son invention, est composé de deux parties, l'une fixe et l'autre mobile.

La partie fixe est la plaque *AAAA* tenue par quatre vis; elle est évidée en forme de courbe d'équation.

La mobile se compose d'une plaque *g g* ayant son centre de mouvement en *a*; elle porte une bascule dont le centre est en *b*; ses deux extrémités *c* et *d* s'appuient l'une *c* contre les bords de la courbe, l'autre *d* sur la prolongation *e* d'un indicateur ou aiguille *f* qui a même centre de rotation que la plaque *g g*. La prolongation de cette aiguille est maintenue contre l'extrémité *d* de la bascule, au moyen d'un ressort *h* établi par une vis sur la plaque *g g*; l'aiguille *J* est fixée et concentrique à la même plaque.

Le système mobile est emporté par la plaque *g g*, qui fait une révolution complète en un an. On conçoit que l'aiguille *J*, qui est fixée sur la plaque, peut indiquer les jours de l'année, moyennant qu'elle soit placée sur un cadran divisé en trois cent soixante-cinq parties;

l'aiguille *f* paraît devoir parcourir les mêmes espaces dans les mêmes temps, ce qui n'arrive cependant pas. Quand le levier *c* s'appuie sur la partie de la courbe la plus éloignée du centre, l'aiguille *f* doit être en retard sur celle *J* d'un certain nombre de divisions. Quand, au contraire, le bras appuie sur la partie *M* qui est la plus près du centre, l'aiguille *f* se trouve alors précéder celle *J* d'un certain nombre de divisions.

Cette différence de mouvement de l'aiguille *J* à l'aiguille *f* est produite par le levier *c b d* qui s'appuie sur la courbe de la plaque *AAAA*, et cette courbe est telle qu'elle fait avancer ou retarder l'aiguille *f* sur l'aiguille *J*, d'un nombre de divisions égal à celui des minutes dont diffère le temps vrai sur le temps moyen à la date du jour qu'indique l'aiguille *J*.

(N 9.)

Levier à rochet, inventé par M. de la Garousse. (*Machines approuvées par l'Académie des sciences*, tom. II, n°. 74.) Le mouvement circulaire alternatif se change en circulaire continu sans que la réciproque puisse avoir lieu.

Les étriers *I L*, *M N*, mobiles aux points *I*, *M*, sont tellement disposés que le levier, par un mouvement alternatif et continu, force l'un d'eux à tirer sans cesse vers lui le rochet, tandis que l'autre échappe à la dent qu'il avait prise, et en reprend une autre.

L'auteur applique son levier à une machine pour faire mouvoir à la fois quatre moulins à blé. Tom. II, n°. 121.

Voyez fig. 1, planche 26 du premier volume du *Theatrum machinarum* de Leupold.

(O 9.)

Levier à roue dentée, inventé par M. de la Garousse. (*Machines approuvées par l'Académie*, tom. II, n°. 72.) C'est une modification du précédent.

Le grand levier *A B* a son point d'appui en *C*, au-dessus et au-

dessous sont deux pates ou pieds de biche *D*, *E*, mobiles autour de leurs clous; chacune de ces pates est appuyée sur un des fuseaux de la lanterne *F*.

Le mouvement circulaire alternatif du grand levier produit le circulaire continu de la roue *F*, sur les fuseaux de laquelle agissent tour à tour les deux pates *D* et *E*. Si l'on enveloppe une corde à l'axe de la roue *F*, on produira un mouvement rectiligne continu, et par conséquent ce mouvement appartiendra au § IV.

(P 9.)

ab est une espèce de pendule ou de longue manivelle attachée à un cylindre horizontal *R*, qui sert à lui imprimer un mouvement circulaire alternatif; les deux cliquets *on*, *pk* sont adaptés à sa surface vers ses deux extrémités par des charnières, et engrènent dans les dents diamétralement opposées de la roue de champ *ST* taillée en rochet, en lui communiquant un mouvement circulaire continu, lorsque la puissance agit sans interruption.

M. *Alix* (*Mach. appr. par l'Académie des sciences*, tom. V, n°. 209) a appliqué ce mouvement à la construction d'une machine pour traîner des fardeaux.

(Q 9.)

C'est une modification du levier de M. *de la Garousse*, mais qui lui est inférieure, parce qu'ici la puissance n'agit pas toujours.

M. *Henry* proposa cette machine pour élever des fardeaux. (*Machines approuvées par l'Académie*, tom. IV, n°. 264.)

On trouve différens leviers à *Garouste* dans le premier volume de l'*Architecture hydraulique* de M. *Bélidor*, et dans le *Theatrum machinarum* de *Leupold*.

(R 9.)

A est une roue en partie dentée sur son champ; *B* et *C* sont deux roues dentées fixes à l'axe *de*; leur distance doit être égale au diamètre de la roue *A*. Il est évident que la partie dentée de la roue *A*,

qui doit être toujours moindre que la demi-circonférence, engènera alternativement avec les roues *B* et *C*, et communiquera un mouvement circulaire alternatif à l'axe *de*.

Bockleri, dans son ouvrage déjà cité (*E 3*) et (*K 3*), fig. 109, fait l'application de ce mécanisme au mouvement des pompes. Il commence par communiquer à un axe vertical le mouvement circulaire continu de l'axe horizontal d'une roue hydraulique et verticale, transforme après le mouvement de l'axe vertical en circulaire alternatif d'un autre axe horizontal par le mécanisme que nous venons de décrire (*R 9*), et enfin le mouvement circulaire alternatif de cet axe horizontal communique un mouvement rectiligne alternatif et vertical aux tiges de quatre pompes; deux desquelles montent pendant que les deux autres descendent, et cela par le mécanisme (*M 17*); les tiges sont garnies de crémaillères, et l'axe horizontal de roues dentées ou de pignons.

Ramelli, dans son ouvrage déjà cité (*A 7'*), fig. 8, applique aussi ce mécanisme au mouvement de deux pompes.

Si les deux roues *B* et *C* étaient en partie dentées sur leurs faces internes, et que la roue *A*, entièrement garnie de dents dans sa circonférence, fût placée entre les bords des roues *B* et *C*, il est évident que le mouvement circulaire continu de l'axe *de* produirait un mouvement circulaire alternatif dans l'axe de la roue *A*.

L'engrenage conique convient à ce mécanisme, quoique la figure ne l'indique pas.

Ramelli, dans son ouvrage cité (*A 7'*), fait différentes applications de ce mécanisme, qui n'est autre chose qu'une modification de (*R 9*). Voyez les figures 7, 9, 10, 11, 12, 13 et autres de son ouvrage.

Remarque.

Dans toutes les machines qui ont pour objet la mesure du temps, le moteur communique un mouvement de rotation continu à chaque roue du système : pour rendre ce mouvement uniforme malgré toutes

les inégalités qui doivent affecter un pareil système, soit par le moteur, par l'imperfection de la main-d'œuvre, par l'influence de la température, soit par toute autre cause, on a imaginé de mettre en contact la dernière roue du rouage qu'on appelle *roue d'échappement* avec le régulateur, qui est le pendule ou le balancier. Ce régulateur a un mouvement alternatif circulaire, et jouit aujourd'hui, par le degré de perfection auquel l'art de l'horlogerie est parvenu, de la propriété de faire ses oscillations dans le même intervalle de temps, quelles que soient la température de l'atmosphère, et l'étendue de ces mêmes oscillations, propriété qu'on lui donne par des moyens très-ingénieux qui ne sont pas de notre ressort.

Pour établir la communication entre le mouvement circulaire continu de la roue d'échappement et le mouvement circulaire alternatif du régulateur, on emploie un mécanisme qu'on nomme *échappement*, dont les fonctions sont (1) de restituer au régulateur la force qu'il perd à chaque vibration par le frottement qu'il éprouve, et par la résistance de l'air, et de faire participer au rouage l'uniformité du mouvement du régulateur.

(1) Tous les échappemens connus peuvent se diviser en quatre classes ou genres très-distincts; savoir:

- 1°. Les échappemens à *recul*,
- 2°. Les échappemens à *repos*,
- 3°. Les échappemens à *vibrations libres*,
- 4°. Les échappemens à *vibrations libres* et à *remontoir d'égalité d'arcs*.

Les échappemens à recul sont ceux dans lesquels la roue pousse continuellement le régulateur, au moyen de son action alternative sur les deux palettes; d'où il arrive que lorsqu'une dent de la roue quitte une palette, une autre dent retombe sur la palette opposée,

(1) *Histoire de la mesure du temps par les horloges*, par Ferdinand Berthoud, tom. II, page 303.

(2) *Idem*, page 2.

et le régulateur, continuant sa vibration, donne un mouvement rétrograde à la roue.

Les échappemens à recul sont de trois espèces principales : celui à *roue de rencontre* (1), celui à *ancres* (2), et l'*échappement à double levier* (3).

Les échappemens à repos sont ceux dans lesquels la dent de la roue, s'échappant de la palette ou levier d'impulsion, tombe sur un plan circulaire ou sur une portion cylindrique portée par le régulateur, et celui-ci continuant son mouvement, la dent reste immobile. On en connaît deux principaux, celui qu'on emploie dans les horloges à pendule, et celui qu'on appelle à *cylindre*, dont on se sert dans les montres.

L'échappement à vibrations libres est aussi à repos, car après l'impulsion, la roue reste immobile; mais ici ce repos diffère de celui des échappemens dont nous venons de parler, en ce que la roue, après son impulsion, ne touche ni ne s'appuie sur une portion du cercle portée par le régulateur; mais elle est arrêtée par une pièce séparée de ce cercle, tellement que le régulateur achève librement sa vibration sans éprouver aucune résistance de la part de l'échappement.

(4) *L'échappement-libre-remontoir* diffère de tous les autres échappemens employés soit dans les horloges ou dans les montres : en effet, dans tous ces échappemens, l'action de la roue d'échappement agit immédiatement sur le régulateur, et lui imprime la force qui lui est transmise par le rouage et le moteur, sans modification; en sorte que cette force ne peut pas être considérée comme parfaitement constante à cause des inégalités des engrenages, des frottemens de pivots et de celles même du moteur. Dans l'échappement-libre-remontoir, la roue d'échappement n'agit pas immédiatement sur le régulateur ;

(1) *Essai sur l'horlogerie*, par Ferdinand Berthoud, 1786, tom. I, pag. 136.

(2) *Idem*, tom. I, pag. 139.

(3) *Idem*, tom. I, pag. 138.

(4) *Histoire de la mesure du temps*, tom. II, pag. 44.

mais, à chaque vibration, elle bande un ressort jusqu'à un point fixe et déterminé : ce ressort, au retour du balancier, est lâché de sorte qu'en se débandant sa force rend au balancier celle qui est nécessaire pour entretenir son mouvement : d'où il paraît que cette force doit toujours être constante, et par conséquent imprimer au balancier la même action, et que celui-ci doit décrire des arcs constamment de même étendue. Cette invention paraît dater du commencement du XVII^e. siècle.

Nous sommes loin de vouloir donner la description de tous les échappemens qu'on a inventés, encore moins de nous constituer juges de leur mérite ; nous nous contenterons de donner quelques exemples de chacune de ces quatre classes d'échappemens ; ceux qui auront besoin d'acquérir des connaissances plus étendues, pourront consulter les ouvrages de M. *Berthoud*, source où nous avons puisé ce que nous allons exposer sur cet objet.

(S 9.)

Échappement à roue de rencontre à recul. La roue d'échappement *II'* reçoit du moteur un mouvement circulaire continu dans le sens *ISIS'* (qui fait que les côtés des dents perpendiculaires au plan de la roue marchent en avant), et transmet ce mouvement aux leviers ou palettes *h, i* portés par l'axe vertical *K* auquel est fixé le balancier.

Le mouvement alternatif ou de vibration du balancier est ici produit par l'action de la roue *II'* sur les palettes de l'axe du balancier ; elles forment entre elles un angle d'environ 90 degrés ; en sorte que, lorsqu'une dent de la roue a écarté la palette *h* et qu'elle échappe, l'autre palette *i* se présente à une dent diamétralement opposée de la roue qui l'écarte à son tour ; tellement que la roue tournant toujours du même côté, le balancier va et vient sur lui-même, forme des vibrations qui modèrent et règlent la vitesse de la roue *I*, et par conséquent du rouage.

Il y a loin de ce balancier à celui que nous avons nommé *régula-*

teur, lequel doit avoir la propriété de faire par lui-même des oscillations isochrones.

M. *Huygens* transforma cet échappement, en 1675, en celui dit à *pirouette*, en appliquant le spiral au balancier (découverte qui, selon *Leibnitz*, appartient à M. *Huygens*). Cette transformation a pour but de faire faire plusieurs tours au balancier à chaque vibration : pour cela, il transforma le balancier en roue dentée, qu'il fit engrener dans un pignon dont l'axe était celui du balancier.

Dans les ouvrages déjà cités (K 3) de *Rosbery* et de *Bockleri*, on trouve la description de différens moulins, dans lesquels le moteur est un poids ; et, pour modifier ou régler l'action de ce poids, ils emploient un mécanisme semblable à celui que nous venons de décrire.

(T 9.)

Échappement à repos pour les horloges à pendule à secondes, construit par M. *Graham*. Cet échappement ne diffère pas beaucoup de celui à ancre à rochet à recul, que M. *Clément*, horloger de Londres, inventa en 1680. La pièce qui forme l'échappement est de même une ancre ; mais avec la différence que les palettes de l'ancre sont tellement construites qu'elles ne causent pas de recul, et qu'au contraire cet échappement est à repos, au moyen de portions de cercles formées sur les palettes, lesquelles correspondent aux plans inclinés qui produisent l'impulsion ou action qui entretient le mouvement du pendule. On peut consulter le *Traité de Thiout*, pag. 93, et l'*Essai sur l'horlogerie*, de *Berthoud*, n°. 1324, sur la courbure que l'on doit donner aux faces de l'ancre pour rendre les oscillations du pendule isochrones.

L'échappement à repos de *Graham*, employé dans les horloges à pendule, étant exécuté avec les soins et la précision requis, est encore aujourd'hui un des plus parfaits dont on puisse faire usage dans ces machines, surtout en faisant les palettes en rubis, ainsi que quelques artistes l'ont pratiqué.

Voici comment cet échappement agit : la partie α , par exemple,

vient d'échapper, celle *b* reçoit sur sa partie circulaire le choc de la dent du rochet; la vibration s'achevant, la palette s'enfonce dans le fond de la dent sans y toucher : la vibration revenant, le rochet reste immobile, et n'a d'action que lorsque le plan incliné se présente à la pointe de la dent; pour lors la dent agissant sur ce plan, oblige la palette de s'écarter, et en échappant, la dent *c* tombe, frappe sur la partie circulaire de la palette *a*, et est retenue jusqu'à ce que son plan incliné se présente; pour lors la dent du rochet cesse d'être immobile, elle suit le plan incliné de la palette, et en s'écartant, restitue le mouvement au pendule.

(U 9.)

Échappement à repos à cylindre pour les montres, inventé par *Graham*. *F* est la roue d'échappement garnie des plans inclinés *i*; ces plans inclinés doivent être exhaussés sur le plan de la roue; le balancier est porté par un axe cylindrique dont une portion est creusée comme on voit en *B*; le diamètre intérieur de ce cylindre creux est égal à la longueur d'une dent, et peut tourner autour de cette dent près d'un tour. On voit par cette description que le balancier venant de *a* vers *b* et *c*, la roue *F* reste en repos, et quand le point *a* arrive à l'extrémité du plan incliné *i*, celui-ci transmet l'action de la roue au balancier, et va s'appuyer dans la partie intérieure *c* du cylindre; la roue reste encore en repos, le balancier revient en sens opposé, reçoit encore l'action du même plan incliné à sa sortie par *c*, et la dent suivante vient s'appuyer sur sa partie extérieure comme la précédente, et ainsi de suite. Voyez la description de cet échappement dans le *Traité d'horlogerie de Lepaute*, imprimé en 1755, pag. 171, dans l'*Essai sur l'horlogerie* par *M. Ferdinand Berthoud*, imprimé à Paris l'an 1786, tom. I^{er}., pag. 131, et dans le *Traité des échappemens* par *Jodin*, vol. imprimé à Paris en 1754, pag. 132.

(A 9')

Échappement à repos à chevilles, par *M. Amant*, horloger à Paris. Il est composé d'une roue plate, dans laquelle est fixée une

rangée de chevilles. La cheville *I* quittant la palette *A*, celle *B* reçoit le choc de l'échappement; la vibration continuant, la palette *B* s'enfonce, et la roue reste immobile, ce qui fait que l'aiguille des secondes ne recule point. La vibration revenant, la cheville agissant sur le plan incliné, restitue le mouvement, etc.

Dans les échappemens à repos, comme nous venons de voir, immédiatement après qu'une dent de la roue d'échappement a donné l'impulsion au régulateur, cette même dent va s'appuyer sur une portion circulaire portée par l'axe du régulateur, en sorte que cette dent presse sur le cylindre ou portion de cercle de cet axe, pendant tout le temps employé par le régulateur pour achever sa vibration. Or, comme cette portion de cylindre est contigüe à l'axe du régulateur, il s'ensuit nécessairement que, pendant que le régulateur achève sa vibration et que l'action de la roue d'échappement est ainsi suspendue par le cylindre ou portion de cercle portée par son axe, la roue d'échappement reste parfaitement immobile, c'est-à-dire, qu'elle n'avance ni ne rétrograde : c'est par cette raison que cette espèce d'échappement a été appelée à *repos*; mais cet échappement, malgré ses avantages apparens et tant vantés, entraîne nécessairement par sa nature et des frottemens, et des variations qui en sont la suite; en sorte que, quelque parfaite qu'en soit l'exécution, comme il exige de l'huile, il entraîne par là des résistances variables très-nuisibles. Ce sont ces difficultés ou défauts qu'on vient de remarquer dans l'échappement à repos ordinaire, qui obligèrent M. *Berthoud* (comme il le dit) à rechercher les moyens de les éviter; il combina pour cet effet l'échappement de manière que dès que la roue a donné son impulsion, le régulateur puisse achever librement sa vibration, et que, pendant ce temps, l'effort ou action de la roue ne soit point suspendu, comme dans l'échappement à repos, par le régulateur même, mais par une détente que le régulateur ou balancier dégage en un temps indivisible; en sorte que le régulateur n'éprouve par là aucune autre espèce de résistance ou de frottement que celle de dégager la détente qui suspendait l'effort de la roue, pendant que le balancier oscillait librement; et d'ailleurs le mo-

ment de l'impulsion de la roue se fait sur le balancier, de manière à n'éprouver que le plus petit frottement, et sans qu'il soit nécessaire d'employer de l'huile. Telle est la première idée que *M. Berthoud* conçut de l'échappement auquel il donna le nom d'*échappement à vibrations libres*.

Dans cet échappement, le balancier fait deux vibrations, pendant qu'il n'échappe qu'une dent de la roue en un seul temps, c'est-à-dire, que le balancier va et revient sur lui-même, et qu'à son retour à la seconde vibration, la roue, en échappant, restitue en une vibration, au régulateur, la force qu'il a perdue en deux. Ainsi, pendant toute une vibration et la plus grande partie de la seconde, l'action de la roue demeure suspendue par une détente, en sorte que le balancier, pendant ce temps, oscille librement.

L'invention de l'échappement à vibrations libres paraît appartenir également à plusieurs artistes, qui, sans connaître ce que chacun avait pensé, en ont eu à peu près les mêmes idées. Ces artistes sont *MM. Le Roy, Thomas Mudge*, artiste anglais, et *Ferdinand Berthoud*. Long-temps avant eux, *Jean-Baptiste Dutertre* avait eu l'idée d'un semblable mécanisme; mais celui de cet artiste ne nous est pas connu, et n'a jamais été publié.

(B 9'.)

Échappement à vibrations libres, d'après les principes de M. Arnold. *C* est la roue d'échappement; *D*, pièce échancrée fixe à l'axe du balancier; *t*, petite pointe saillante, fixe aussi au même axe; *nm*, ressort dont le centre de mouvement se trouve en *n*; ce ressort tend constamment à s'approcher de la roue *G*, et arrête son mouvement par sa partie saillante *q*; à son extrémité *m* s'élève une pointe *p*. Ce ressort *nm* est garni d'un autre extrêmement délié *rs* dont le centre de rotation se trouve en *r*.

Cela posé, supposons que le balancier tourne dans le sens indiqué par la flèche, la pointe *t* de son axe rencontrera l'extrémité *s* du ressort *rs* et passera outre en n'éprouvant qu'une très-faible résistance;

mais à l'oscillation contraire, le ressort rs rencontre l'obstacle p qui se trouve à une distance très-petite de son extrémité s , et au lieu de se plier en r , il oblige le ressort nm à tourner autour de n , et par conséquent il laisse échapper une dent de la roue C ; dans ce même moment, une autre dent de la roue C frappe dans l'échancrure de la pièce D , et restitue au balancier la force perdue. C'est ainsi qu'à chaque vibration double du balancier, la pointe q du ressort nm laisse passer une dent de la roue C , et le balancier reçoit une nouvelle impulsion.

(C 9'.)

Échappement à vibrations libres, par Ferdinand Berthoud (tome II, page 35 de l'*Histoire de la mesure du temps par les horloges*).

A représente la roue d'échappement, $a b e$ la détente; le bras a de la détente suspend l'action de la roue pendant que le balancier oscille librement; le ressort d sert à ramener cette détente aussitôt que la palette c a achevé d'écarter le bras b : c'est en ce moment qu'une dent de la roue A va agir sur le rouleau h porté par le régulateur, et transmet sa force pour entretenir le mouvement du balancier; celui-ci ayant achevé son oscillation, revient sur lui-même, et en rétrogradant, la palette c rencontre le bout b de la détente; mais elle cède, en s'écartant de ce bras, et en se rapprochant vers le centre du cercle éloigné de b : le ressort l la ramène pour la remettre en prise lorsque le balancier a achevé son oscillation; en sorte qu'en revenant, cette palette c se présente de nouveau au bras de la détente pour dégager la roue, et restituer de nouveau l'impulsion au balancier.

Échappement libre à remontoir.

Le 17 août 1796, M. Charles Haley, horloger anglais, obtint une patente pour un échappement libre à remontoir, dont on trouvera la description dans le *Répertoire des arts et manufactures*, n°. 33, page 145, VI^e. volume, et dans le tome VIII, page 38 des *Annales des arts et manufactures*. M. Berthoud en donne un extrait dans le

II^e. volume, page 50 de l'*Histoire de la mesure du temps par les horloges*.

Dans les *Annales des arts et manufactures*, tom. IX, page 69, on trouve aussi la description de l'échappement de M. Delafons.

(D 9'.)

Description de l'échappement à remontoir de M. Breguet, pour les montres; tom. II, page 55, de l'*Histoire de la mesure du temps par les horloges*, par M. Berthoud.

AA est une platine de métal sur laquelle se fixe tout l'échappement; pour bien entendre son mécanisme, il faut en distinguer trois parties, dont on va décrire le jeu séparé, et dont on expliquera ensuite l'action réciproque.

Première partie. Cette première partie est composée, 1^o. des roues *BB'*, d'arrêt, et *D* d'armure, faisant corps ensemble. La roue *BB'* est soumise à l'action du moteur primitif, par un système d'engrenage qui tend à la faire tourner dans le sens *BCB'*.

2^o. D'un pignon *g* qui engrène dans la roue d'arrêt *BB'*, et qui a un nombre de dents égal au nombre de celles de la roue d'arrêt qui correspondent à l'espace entre deux dents consécutives de la roue d'armure. Par ce moyen, le pignon peut, à chacune de ses révolutions, se trouver vis-à-vis d'une des dents de la roue d'armure. L'axe de ce pignon porte un volant *igh*; la branche *gi* de ce volant est plus courte que l'autre *gh*, à l'extrémité de laquelle est fixée une petite pièce d'acier.

3^o. D'un ressort d'arrêt *rrF*, à angle droit sur la direction du volant fixé à son extrémité *rr*, et qui, vers les deux tiers de sa longueur environ, a un rubis saillant *V*, qu'on peut faire aussi de toute autre pierre fine ou d'acier trempé. Dans l'état de la machine représentée par la figure, ce rubis s'appuie contre l'extrémité *h* du volant; il fait par là l'office d'un arrêt qui, empêchant ce volant de se mouvoir dans le sens que le pignon *g*, sollicité par la roue *BB'*, tend à le faire tourner, suspend ainsi la révolution de la roue *BB'*, et par conséquent

l'action du moteur. Mais, si une cause quelconque fait plier le ressort rrF du côté du pignon g , à l'instant où le rubis V se trouvera vis-à-vis de l'entaille qui est près de l'extrémité h , le volant s'échappera et fera une révolution; et si au bout de cette révolution, le ressort rrF a pris la première position hi , il s'arrêtera contre le rubis V et n'ira pas plus loin.

Seconde partie. Cette seconde partie est composée;

1°. D'un ressort G de pulsion, courbe à son extrémité. Ce ressort est la pièce qui, ainsi qu'on le verra bientôt, sert à restituer la force au régulateur à chaque oscillation; il porte un mentonnet ou loquet m , dans lequel on voit une petite encoche avec un petit rubis p , saillant sur sa surface intérieure. Ce loquet et ce rubis servent, avec la pièce qu'on va décrire, à arrêter le ressort de pulsion, lorsqu'il a été plié par la roue d'armure DD' , qui lui transmet l'action du moteur primitif.

2°. D'un ressort d'accrochement aH , fixé à son extrémité a , sur lequel est attaché un autre ressort N extrêmement faible. Le ressort H porte un rubis p destiné à entrer dans l'entaille m du loquet m , et à fixer ce ressort lorsqu'il est bandé. Un autre rubis placé à son extrémité s retient le ressort N , de manière que le bout de ce ressort, pressé de droite à gauche, n'oppose qu'une très-faible résistance, et pressé de gauche à droite, il reporte sur le rubis s tout l'effort qu'il éprouve, et, faisant plier le ressort H , dégage le rubis p de l'entaille du loquet m .

Troisième partie. Cette troisième partie consiste dans les pièces K et b portées par l'extrémité supérieure de l'axe du balancier, et qui sont placées à un quart de circonférence l'une de l'autre. Lorsque l'oscillation du balancier se fait de droite à gauche ou dans le sens $b k$, la pièce k fait plier le ressort et passe outre; et, comme la pièce b est placée au-dessus du plan de la roue d'arrêt B et au-dessous du ressort H , l'oscillation de droite à gauche s'achève librement, et sans autre obstacle que la flexion du ressort N . Mais, lorsque le balancier fait ensuite l'oscillation de gauche à droite dans le sens contraire, la che-

ville *K* fait presser le ressort *N* contre le rubis *s*, le ressort *H* se plie, le rubis *p* se dégage du loquet *m*, et le ressort *G*, abandonné à lui-même, produit l'effet dont nous parlerons bientôt.

Restitution de la Force motrice et continuation du Mouvement.

On connaît aisément, par la description des trois articles précédens, comment la force motrice se répare, et comment le mouvement se perpétue. A l'instant où le rubis *p* du ressort *H* est dégagé de l'entaille du loquet *m* du ressort *G*, et où ce ressort *G* est libre, à cet instant, dis-je, la partie droite de la levée *b* se trouve perpendiculaire à la direction du mouvement de l'extrémité *q* du ressort *G*, lequel vient la frapper et rendre aussi au balancier la force qui lui est nécessaire pour achever son oscillation : aussitôt après cette première percussion, la même extrémité *q* va frapper le bout *F* du ressort *Frr*, le fait plier, et envoie le rubis *V* vis-à-vis l'entaille du volant *ih* : celui-ci devient libre alors, et la force motrice primitive qui agit sur la roue *BB'* et de suite sur le pignon, lui fait décrire une révolution, au bout de laquelle trouvant le ressort *Frr* à sa première place, il l'arrête de nouveau contre le rubis *V*; mais, pendant cette révolution, une dent de la roue *DD'* a pressé sur une dent *n* qu'on voit près de l'extrémité *q* du ressort *G* qu'elle a forcé par conséquent de retourner en arrière; continuant d'agir d'après le rapport établi entre les dentures de *B* et de *D*, jusqu'à ce que le rubis *p* du ressort *H* soit engagé de rechef dans le loquet *m*; alors tout revient dans l'état représenté dans la figure, et ainsi de suite.

(E 9'.)

Voici encore un échappement à remontoir pour les pendules, de l'invention de M. *Breguet*.

A est le dernier mobile qui tend à marcher de droite à gauche dans le sens de la flèche.

B, roue à six dents courbes, fixée sur le même axe que la roue *A*; mais elle est placée à l'extrémité opposée de l'axe.

C, pignon qui engrène dans la roue *A*, et qui doit faire six révolutions pour une de la roue *A*.

D, volant qui entre à frottement doux dans l'arbre du pignon, et qui, par le moyen d'un petit ressort qui le presse, lui permet de continuer son mouvement, quand le pignon se trouve arrêté subitement.

E, aile ou petite traverse d'acier fixée sur l'arbre du pignon *C*, et qui s'appuie contre la pièce d'arrêt *F*.

F, arrêt qui peut tourner sur le pivot *v*.

G, arbre qui porte trois pièces essentielles pour l'échappement : 1°. la pièce *c*, qui d'un côté est taillée en forme de dent courbe *d*, et qui du côté opposé a deux entailles, pour former deux dents à rochet *e, f* : la première de ces deux entailles sert pour arrêter le mouvement de l'arbre au moyen de la pièce d'arrêt *H*, et la seconde, pour donner l'impulsion au pendule, quand l'arbre se trouve entièrement libre; 2°. une goupille ou petit rouleau *g* fixé dans la pièce *c* pour lever l'arrêt *F*; 3°. un petit poids *h*, qui, par le moyen d'une vis, peut s'approcher ou s'écarter de l'axe pour régler la force de l'impulsion que doit recevoir le pendule, suivant l'arc qu'on désire qu'il décrive dans son oscillation.

H, pièce d'arrêt qui peut tourner très-librement sur son centre, qui est fixé à la cage du rouage.

II, lentille du pendule suspendue à la partie supérieure.

LL, pièce de cuivre fixée à la lentille du pendule.

M, petit levier très-léger, qui d'un côté peut tourner sur son pivot *i*, et de l'autre s'appuie sur une goupille *l*; il porte lui-même un petit couteau saillant *m*, qui sert à décrocher la pièce d'arrêt *H*, et laisser libre le mouvement de l'arbre *G*.

N, couteau sur lequel le pendule reçoit l'impulsion. Sa saillie ou élévation doit être telle qu'il puisse passer librement derrière la pièce d'arrêt *H*, et avoir une partie engagée dans l'épaisseur de la pièce *c*; sa hauteur ou partie inférieure doit, dans son mouvement, effleurer le bout de la dent *f*, sans cependant la toucher.

Le moteur tend à faire tourner la roue *A*, la traverse *E* se trouvant arrêtée par la pièce *F* : si nous supposons que la lentille va faire son oscillation de droite à gauche, le couteau saillant *m* du petit levier *M* touchera le bout de la pièce d'arrêt *H*, et décrochera la dent *e* au même temps que le couteau *N* se présentera devant la dent d'impulsion *f*. L'arbre *G* se trouvant entièrement libre, est sollicité, tant par le poids de la dent *d* que par le petit poids *h*, à tourner de droite à gauche; et, comme son mouvement est plus rapide que celui du pendule, il atteint le couteau *N* et lui donne l'impulsion, puisque la dent *f* s'élève dans son mouvement. L'arbre *G* continuant son mouvement, la goupille *g* touche la queue de l'arrêt *F*, et laisse le volant *D* libre au même temps que la dent *d* va se présenter devant la dent *p*. Pour lors, tandis que le volant fait une révolution, la dent *p* agissant sur la dent *d*, conduit l'arbre *G* à sa première position; la pièce *F* se présente pour arrêter le volant, et la pièce d'arrêt *H* entre dans l'encoche *e* pour arrêter l'arbre *G*. Le pendule marchant de gauche à droite, ne trouve pas d'autre obstacle que la tête de la pièce d'arrêt *H* sur laquelle touche le couteau *m*; mais étant tous deux taillés en plans inclinés, le levier *M* s'élève et retombe ensuite à sa première situation.

Nous pensons que cette manière de rétablir la force que perd un pendule dans ses oscillations, est ce qu'on a trouvé jusqu'à présent de plus parfait.

(F 9') *Planche n°. 11.*

Nous avons vu (I 7') que, dans les métiers mécaniques à tisser, la *châsse* doit parcourir avec un mouvement circulaire alternatif l'arc *ab* (F 9') dont le centre ou axe de rotation est *c*; que sa vitesse ne doit pas être uniforme, mais bien ralentie vers l'extrémité *a* de l'arc *ab* qui se trouve du côté du *grand enroule*, et accélérée vers l'autre *b*; et ce mouvement circulaire alternatif assujetti à ces conditions, est communiqué à la *châsse* par le mouvement circulaire continu et uniforme d'un axe *d* sur lequel agit un moteur quelconque.

Ce problème peut être résolu avec toute la précision désirable, et avec beaucoup de facilité, par les moyens déjà exposés; voici encore une autre manière de le résoudre par approximation, qui a été employée dernièrement en Angleterre, et que nous avons vue dans les ateliers de M. *Cala*, constructeur habile de machines pour les filatures, rue Faubourg Poissonnière.

Soit *de* le coude brisé de l'axe de rotation *d*, ce coude est égal à la moitié de la corde de l'arc *ab*; *efg* une tige en fer suspendue en *f* à une autre *fh* qui tourne autour du point *h*. Pendant que le point *e* du coude brisé vient de *l* en *e*, de *e* en *m*, et de *m* en *n*, le point *f* de la tige *hf* vient de *i* en *f*, de *f* en *s* et de *s* en *k*; par conséquent *ki* doit être égal à *nl*. La *châsse* devant parcourir l'arc *ab* dans le même intervalle de temps, on partagera la distance *ai* en deux parties *ir* et *ra*, on prendra la partie *fg* de la tige *efg* égale à *ri*, et une autre tige *gp* égale à *ar* qu'on placera comme l'indique la figure, de manière que ses extrémités puissent tourner librement aux extrémités *g* et *p* de la tige *efg* et du rayon *cp* de la *châsse*; celle-ci parcourra l'arc *ab* avec une vitesse dont les variations dépendront du rapport qu'il y aura entre *fg* et *gp*; quelques tâtonnemens suffiront pour la modifier d'une manière convenable.

(G 9'). *Planche n°. 11.*

Soit *AB* un axe qui reçoit du moteur un mouvement circulaire alternatif, *n* et *m* deux roues fixes à l'axe *AB*, taillées l'une et l'autre en *rochet*, mais placées en sens inverse; *C*, *D* et *E* trois roues dentées; les deux premières ont des diamètres égaux; elles entrent dans l'axe *AB* à frottement doux, portent les deux cliquets *p* et *q*, et s'engrènent avec la troisième *E* dont l'axe est soutenu convenablement. L'axe *AB*, par son mouvement circulaire alternatif, agira successivement sur les deux roues *C* et *D*, elles prendront bientôt un mouvement circulaire continu; et, comme ce mouvement a lieu en sens opposé, la roue *E* tournera toujours dans le même sens; c'est ainsi que le mouvement circulaire alternatif d'un axe ou d'une roue, peut être

transformé en circulaire continu d'un autre axe ou roue, la direction du second axe étant perpendiculaire à la direction du premier, ou le plan de la seconde roue étant aussi perpendiculaire au plan de la première.

(H 9'.) *Planche n°. 11.*

La transformation du mouvement circulaire continu en circulaire alternatif, modifiant la durée de ces alternations à volonté par des moyens très-simples, est un des problèmes dont la solution intéresse le plus les mécaniciens en général, et tous les arts en particulier.

Nous avons donné (L 7'.) et (M 7'.) deux exemples de la transformation du mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif par l'action d'un contre-poids, qu'on fait agir tantôt d'un côté, tantôt de l'autre de la verticale qui passe par l'axe de rotation de la tige à l'extrémité de laquelle il se trouve placé; le changement de position du poids entraîne un changement d'engrenage, et celui-ci rend alternatif le mouvement de rotation de l'axe EF dans la fig. (L 7'.), et celui des deux cylindres F et G dans la fig. (M 7'.); on transforme après ce mouvement circulaire alternatif, en rectiligne aussi alternatif. On voit, dans ces deux exemples, les moyens indirects qu'on a employés pour changer la position du contre-poids, moyens qui tiennent à l'objet particulier de ces deux machines; mais, en général, toutes les fois qu'on fera usage d'un contre-poids pour transformer le mouvement circulaire continu en circulaire alternatif, on peut rendre les périodes de cette alternation plus ou moins longs, soit par un système de roues dentées, trop aisé à concevoir pour nous arrêter à en donner quelques exemples; soit par les mouvemens (D 3.) et (S 8.) qu'on peut employer dans tous les cas, avec succès, comme nous allons voir.

Soit MN , fig. (Hg'.), l'axe correspondant à EF dans la fig. (L 9'.), ou à l'un des deux cylindres F ou G de la fig. (M 7'.); P , le contre-poids; no , l'axe de rotation de la tige verticale qui soutient ce contre-

poids; qo , une verge perpendiculaire à la tige verticale et à l'axe no ; esr , l'axe de la petite machine (S 8) qui se trouve placée comme on le voit dans la figure; rien n'est plus facile, comme nous l'avons déjà dit, que de faire en sorte que la tige rs ne fasse qu'une seule révolution autour de l'axe DE , pendant que l'axe MN en fera le nombre n de révolutions qu'on voudra. Supposons maintenant que l'axe rs vienne en s'élevant de dessous vers le dessus du papier; quand il l'atteindra, le contre-poids P se trouvera dans la verticale qui passe par no ; un instant après il tombera vers p' ; le mouvement de rotation de l'axe MN changera de direction; l'axe sr reviendra aussi en sens contraire, retrouvera la tige oq au-dessus du papier, la ramènera du haut en bas, et fera passer le contre-poids p vers p'' ; et ainsi de suite.

(19). (*Plan et élévation*). *Planche n°. 11.*

On peut employer le mécanisme (D 3) pour produire les mêmes effets; voici comment: on place ce mécanisme comme on le voit dans la figure, on fait terminer l'axe AB par une tige carrée gh qui entre à frottement doux dans une ouverture pratiquée au centre de la poulie G ; cette poulie est soutenue soit par un support, par un coq, par un collet, ou par tel autre moyen qu'on voudra, pourvu que son mouvement de rotation ne soit point gêné; on garnit l'écrou mobile M d'une *fourche* ou levier à double équerre $iklm$; une corde sans fin embrasse l'axe MN et la poulie G , au moyen d'une poulie de renvoi H .

Le mouvement circulaire de l'axe MN se communique à la poulie G , et par conséquent à l'axe AB ; cet axe AB , en tournant, montera ou descendra librement; si l'on suppose que l'écrou M monte, la branche inférieure ml de la *fourche* $iklm$ rencontrera le levier oq du contre-poids P , et fera tomber ce contre-poids vers la droite du plan de la figure; l'arbre MN prendra à l'instant même un mouvement dans le sens contraire; l'écrou M descendra, et la branche supérieure ik de la *fourche* rencontrera le levier oq , et, agissant sur lui, conduira

le contre-poids et le fera tomber de l'autre côté, après le temps qu'on s'est proposé; et ainsi de suite. On peut substituer à la poulie G un système de poulies de différens diamètres, comme on l'a fait dans la roue dentée B du mécanisme (S 8), et par ce moyen, on pourra varier à volonté la durée des intermittences du mouvement circulaire alternatif.

Le mécanisme (P 3.) peut aussi servir d'auxiliaire pour la solution du problème.

(K 9'.) *Planche n°. 11. (Plan et deux élévations.)*

Le mécanisme (S 8.) peut aussi être employé immédiatement à la solution générale du problème en question, sans avoir besoin d'un contre-poids; en effet, soient AB et CD , deux axes garnis chacun d'une poulie a et a' ; et d'une roue dentée b et b' . Une corde sans fin embrasse les poulies a et a' et communique le mouvement circulaire de l'une à l'autre, les faisant tourner en sens contraire, parce qu'elles se croisent dans l'intervalle qui sépare les poulies. Soit EF un autre axe garni d'une roue dentée c , cet axe peut se rapprocher de l'axe AB ou de l'axe CD , parce que ses tourillons sont renfermés dans des orifices oblongs d d' ; il suffira donc de le rapprocher tantôt à l'axe AB , de manière à faire engrener la roue c avec la roue b , tantôt de l'axe CD , de manière à faire engrener la roue c avec la roue b' , pour rendre *circulaire alternatif* son mouvement, en supposant *circulaire continu* celui des axes AB et CD .

L'inspection du plan et des deux élévations de la fig. (K 9'.) suffit, avec l'explication déjà donnée (S 8), pour concevoir ce mécanisme. Dans les coupes ou élévations, on remarquera les courbes $efgh$, $e'f'g'h'$; chacune est composée de deux parties, l'une circulaire efg , $e'f'g'$ qui sert à soutenir l'axe EF alternativement du côté de l'axe CD et de l'axe AB , l'autre gh et $g'h'$ qui sert à communiquer à l'axe EF le petit mouvement de translation.

§ X.

Le mouvement circulaire continu avec une vitesse uniforme, ou variable d'après une loi donnée, peut se changer en un mouvement d'après une courbe donnée continue, rentrante en elle-même et fermée, avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable, d'après une loi donnée dans le même plan ou dans des plans différens.

(A 10.) *Planche 8.*

Première solution générale du problème.

Nous avons vu qu'un mouvement circulaire continu peut se changer en un autre rectiligne alternatif : or, comme tous les points d'une courbe plane quelconque peuvent être rapportés à deux droites coordonnées, il sera très-aisé de faire parcourir à la pointe d'un crayon, par exemple, une courbe plane quelconque donnée dans l'espace, et par conséquent de lui faire tracer cette figure sur un plan.

Soit F la courbe donnée; on demande que la pointe d'un crayon ou d'un outil quelconque trace cette courbe sur la surface PQ par le moyen d'un mouvement circulaire continu de la roue D . On prendra trois roues dentées A, B, C d'une grandeur convenable, qu'on placera comme l'indique la figure, et qui recevront leur mouvement de celui de la roue D ; mn, pq sont deux règles qui doivent se mouvoir en *va* et *vient*, en conservant leur direction au moyen des tenons ou des coulisses a, b, c, d . Elles sont terminées en m et q par deux règles perpendiculaires rs, tu , percées chacune par une rainure. Le crayon ou l'outil qui doit tracer la courbe donnée, est placé dans l'intersection des deux rainures. Sur la courbe donnée, on prend le nombre de points qu'on veut, et que, par les raisons que nous avons développées (A 7), l'on tâche de multiplier dans les endroits où les changemens de courbure sont plus brusques, en suivant la méthode donnée au paragraphe cité. On trace sur les surfaces A et C les courbes convenables, qui doivent être telles que les extrémités n

et p des tiges s'appuyant sur ces courbes tracées en relief, par le moyen d'un ressort ou autrement, l'intersection des rainures ou le crayon qui en tient la place, parcourt les points qu'on a choisis; ce qui, d'après l'explication donnée (A 7), ne présente aucune difficulté.

On pourrait tirer parti de ce mécanisme pour rendre palpable la règle du parallélogramme des forces, et le mouvement des projectiles, soit dans le vide ou dans un milieu résistant, si de pareils moyens pouvaient être utiles à autre chose qu'à augmenter le nombre, déjà assez considérable, d'appareils à peu près insignifiants qui figurent dans nos cabinets de physique.

(B 10.)

La solution générale que nous venons de donner de ce problème, est la seule qui convienne à notre tableau, où il n'est question que de la transformation d'un mouvement en un autre. Mais dans les arts il ne suffit pas d'obtenir le résultat qu'on désire, il faut en outre y arriver par des constructions les plus aisées, les plus simples, les plus solides et les plus analogues aux habitudes des ouvriers. En général, pour remplir toutes ces conditions, il faut partager les mouvemens entre les différentes parties de la machine; et comme ce partage est arbitraire, on peut atteindre le but de plusieurs manières. C'est au mécanicien habile à calculer d'avance toutes les combinaisons possibles entre le nombre de mouvemens qu'il veut produire et les parties constituantes de sa machine, pour choisir la plus simple.

L'objet qu'on s'est proposé dans le problème qui nous occupe, n'est pas tant de faire parcourir une certaine courbe à un point tel que l'extrémité d'un outil, que de tracer cette même courbe sur une surface plane donnée. Pour cet effet, on fixera la surface PQ à l'extrémité de la tige pq ; par là, cette surface, auparavant immobile, recevra un mouvement rectiligne alternatif; ayant fixé le crayon ou l'outil au bout m de l'autre tige mn , on tracera les courbes convenables sur les surfaces A et C , et on aura de la sorte une machine que nous croyons neuve et susceptible d'application utile dans les arts.

Seconde solution générale du problème.

Les points d'une courbe donnée peuvent aussi être assujettis à des coordonnées angulaires; ces courbes sont de deux espèces : 1°. les courbes fermées dans l'intérieur desquelles on peut trouver un point tel, que toutes les droites qui passent par ce point ne puissent rencontrer que deux points de la courbe; 2°. les courbes fermées dans l'intérieur desquelles on ne peut trouver aucun point qui jouisse de cette propriété.

On peut, sans aucune difficulté, tracer les courbes de la première espèce par un mouvement circulaire continu. En effet, soit ABD (fig. α , pl. 10) la courbe donnée, et qu'on prenne dans son intérieur un point quelconque C pour centre du mouvement circulaire de la règle PQ qui tourne dans le même sens, tandis que la règle TO glisse sur PQ . Pendant que le point O trace la courbe donnée, l'extrémité T en trace une autre abd , et la réciproque a lieu de même. La longueur de la règle OT étant arbitraire, on aurait pu prendre à sa place la règle OT' , et l'on aurait trouvé une autre courbe $a'b'd'$, qui satisfait aussi aux conditions du problème. On voit qu'il est susceptible d'une infinité de solutions, toutes extrêmement simples. On doit seulement prendre garde de ne pas placer le centre C dans la direction de quelque élément de la ligne donnée, pour éviter les mouvements trop brusques de la règle OT .

Les courbes de la seconde espèce offrent quelques difficultés. Soit, en effet, ABD (fig. β , pl. 10) la courbe donnée; d'abord on ne voit pas le moyen général de satisfaire au problème, quelle que soit la position qu'on choisisse pour le point C ; car le mouvement circulaire de la règle PQ étant continu, pendant que la règle OT se trouvera sur sa direction, la solution du problème devient impossible; mais une observation très-simple va nous mettre en état de résoudre la question.

Supposons que la ligne OT (fig. 8, pl. 10), au lieu de se trouver sur la direction PQ , fasse avec elle un angle constant COT ; si pendant que PQ passe à la position $P'Q'$, le point O s'approche du centre et vient se placer en O' , le point T passera en T' et aura éprouvé un mouvement rétrograde, relativement à celui de PQ . Cette considération suffit pour nous convaincre de la possibilité de résoudre généralement le problème, et nous indique la marche à suivre.

Soit, en effet, $TPADB$ la courbe donnée, qui doit être tracée par le point T ; son équation étant connue par rapport aux axes coordonnés MN et RS , elle le sera aussi par rapport aux angles MCT , et les rayons vecteurs CT .

Le triangle TOC donne... $\sin. TCO = \frac{OT \sin. TOC}{TC}$.

$TOC = \text{ang.} \left(\sin. \frac{OT \sin. TOC}{TC} \right)$; l'angle OTC sera aussi connu. On connaîtra donc l'angle OCM et OC , c'est-à-dire, qu'on aura une équation qui donnera leur rapport, et qui sera celle de la courbe que doit parcourir le point O , courbe qui doit être de la première espèce. Pour satisfaire à cette condition, on supposera OT et l'angle TOC variables, et on les déterminera de manière à la remplir.

Nous n'entrerons pas dans le détail de toutes ces opérations, trop compliquées pour l'objet d'utilité publique que nous nous sommes proposé. Après avoir démontré la manière de tracer les courbes formées par un mouvement circulaire et un autre rectiligne alternatif, nous partageons ces deux mouvemens, en supposant que la surface sur laquelle on veut tracer la courbe ait un mouvement circulaire, pendant que la ligne TO en a un rectiligne alternatif, tel que toute la ligne, ou seulement son point O , se trouve toujours dans la direction d'un des rayons du cercle tracé par un point de la surface de révolution.

Envisagé sous ce point de vue, ce problème donne naissance à un art des plus agréables et des plus utiles, celui du tourneur en guillochis. Ici, la courbe sur laquelle doit s'appuyer le point O de la ligne OT , pour que son extrémité trace la courbe demandée sur la surface de révolution, se nomme *rosette*; la règle OT qui porte l'outil en T , se

nomme *touche*. (Ceux qui désireraient s'instruire dans cet art, peuvent consulter l'ouvrage de *Plumier*, le *Manuel du tourneur*, de *Bergeron*, publié par *Salivet*, et l'*Encyclopédie*.)

Dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1734, M. de *la Condamine* a donné deux *Mémoires* à ce sujet; le premier, pag. 216, a pour titre : *Recherches sur le tour; Description et usage d'une machine qui imite le mouvement du tour* (1).

Nous avons substitué à sa machine le moyen très-simple (C 10), planche 8, composé d'une roue auxiliaire *A*, qui imprime son mouvement à deux autres *B*, *C*, qui, dans le tour, se trouvent sur le même axe. La *rosette D* est attachée à la première roue *B*; la touche *mn*, fixée à la règle mobile *PQ*, s'appuie sur son bord par le moyen d'un ressort *ab* qui agit sur l'extrémité *p* de la règle. Dans la branche mobile *pq*, et au point *q*, se trouve un crayon qui peut se placer à volonté sur un point quelconque de la surface d'un cercle de papier placé sur la surface *C*.

L'usage de cette machine est, comme dit M. de *la Condamine*, celui de trouver, par son moyen, quelles sont les différentes figures qu'on peut faire tracer à l'outil avec la même rosette, chose très-facile à exécuter. Nous renvoyons à son mémoire pour le détail des formes qu'il a obtenues en changeant de rosette, ou en variant la position de l'outil ou crayon.

Dans la pratique, les rosettes les plus commodes sont celles qui ont des angles les plus obtus; on évite par là le saut de la touche.

Le second usage, dit le même auteur, est de trouver quelles rosettes sont plus commodes pour exécuter un dessin quelconque.

« Après avoir placé et assuré le crayon dans l'endroit le plus convenable, il n'y a qu'à le conduire à la main sur le dessin dont on cherche la rosette, et l'autre bout de la règle, dont l'usage ordinaire

(1) On trouve dans le second *Mémoire* de M. de *la Condamine*, la solution de quelques problèmes analogues au problème général dont nous avons indiqué la solution, mais qu'il a traités sous un point de vue différent.

» est d'appuyer sur le bord de la rosette, tracera en ce cas la rosette
 » qu'on cherche. Pour cet effet, au lieu du modèle de rosette, on fera
 » porter un second carton à cette extrémité de l'arbre sur la roue *B*,
 » et le bout *m* de la tringle *mn*, fait pour appuyer sur la rosette dans
 » le premier usage, portera dans ce cas un crayon qui tracera le
 » contour de la rosette cherchée. »

(D 10.) *Planche n°. 8.*

Le second Mémoire de *M. de la Condamine*, pag. 303, a pour titre, *Recherches sur le tour, second Mémoire. Examen de la nature des courbes qui peuvent se tracer par les mouvemens du tour.* Il donne la solution des deux problèmes suivans :

PROBLÈME 1^{er}. Le contour d'une rosette quelconque, et la position respective du centre de la touche et de l'outil sur le même plan étant donnés, trouver sur ce plan tous les points du dessin qui en résultent.

PROBLÈME 2. Un dessin ou un contour quelconque étant donné, avec la position du centre de la touche ou de l'outil, trouver sur le même plan tous les points du contour de la rosette qui doit produire un dessin pareil.

La solution de ces deux problèmes est si aisée, que nous ne croyons pas nécessaire de donner aucune explication pour les résoudre. Au reste, on peut consulter le Mémoire cité.

La Condamine donne ensuite la description de l'instrument (D 10), qui, dit-il, fournit un moyen court et facile de trouver sur-le-champ, et de tracer d'un mouvement continu les rosettes propres à exécuter tous les contours possibles d'un dessin donné, et réciproquement tous les dessins possibles que peut produire une rosette donnée, et cela sans être obligé de limer des modèles en cuivre, comme dans la machine décrite dans le premier Mémoire. *ABCD* est une règle de trois pouces de long, percée d'une rainure dans sa longueur ; la partie *AB* est percée de plusieurs trous en écrou, afin d'approcher ou d'éloigner plus ou moins la pointe *B*, dont la tête est faite en vis ; cette règle est embrassée par les tenons *E*, *G* d'une seconde règle aussi percée d'une

rainure; la première peut glisser sur la seconde, qui porte un petit barillet *L*, dont le ressort tire toujours à lui la règle de dessous, qui lui est attachée avec un filet *D*; cette même règle porte une seconde pointe *N*, qui, par conséquent, tend toujours à s'approcher du centre *P*; ce centre est déterminé par une troisième pointe *P* qui traverse les deux règles, et qui est fixée sur la règle de dessus *EG*, au point où l'on veut, avec l'écrou *z*. Voici comme on se sert de cette machine.

Soit le contour de profil d'une tête *T*, pour lequel on cherche la rosette la plus convenable; après avoir découpé ce profil en carte, on le colle sur une autre carte *RS*, ensuite on prend à volonté un point *T* pour centre au dedans du contour de la tête; on perce les deux cartes en ce point, et on les attache sur un plan, en y enfonçant la pointe *P*; après quoi on pose la pointe *N* sur le contour de relief de la tête découpée; on tourne ensuite à la main toute la machine, en faisant toujours porter la pointe *N* sur le bord de la découpure; ou mieux encore, on ne fait que tourner d'une main la carte sur son centre, en tenant de l'autre la machine fixe, et en ayant attention que la pointe *N* ne quitte pas le bord de la carte découpée.

Dans l'un et l'autre cas, la pointe *B* portant sur la grande carte *RS*, y trace le trait *UX*, qui est le contour de la rosette cherchée; la pointe *N* rappelée sans cesse vers le centre *P* par l'effort du ressort *L*, et repoussée par le relief du profil découpé, en suit aisément le contour, tant que ce contour ne s'éloigne pas du centre en ligne droite; c'est ce qu'il faut éviter autant que possible, en choisissant au dedans de ce contour un centre pour placer le point fixe *P*. Si on ne peut empêcher que la pointe *N* n'accroche en quelque endroit, comme au-dessous du nez, par exemple, et que le contour découpé ait la pente trop raide pour repousser la pointe *N* en glissant, il faudra aider un peu avec la main; mais on pourra sauver encore ce petit inconvénient en tournant le carton d'un sens opposé (1); dans cette manière, la pointe

(1) Il faut se donner bien de garde de suivre le conseil de l'auteur, car de pareils in-

qui ne pouvait, par exemple, remonter, sans le secours de la main, de la narine vers la pointe du nez, glissera sans difficulté, et sera rappelée, par la force du ressort, de la pointe du nez vers la narine. En changeant de centre P , ou en éloignant plus ou moins les deux pointes B et N , on fera différens contours et on choisira le plus coulant et le plus praticable sur le tour, pour servir de modèle à la rosette. Avant que de la tailler, il est à propos de la vérifier, en découpant une carte sur le trait VX de la rosette trouvée, et faisant porter une pointe sur le contour, pour voir si l'autre pointe N redonnera exactement le contour de la tête T qu'on se propose d'exécuter.

Dans cet instrument, on a supposé la touche, le centre et l'outil en ligne droite, parce que cette situation est plus simple et plus commode pour la pratique. Si l'on était curieux de voir l'effet des positions obliques, il serait aisé, en ajoutant à l'extrémité A de la règle AD , un petit bras mobile sur un clou qui lui servirait de centre, de transporter hors de l'alignement du centre de la touche la pointe B qui trace la rosette, et de lui faire faire un angle quelconque avec cet alignement.

Dans le *Traité des instrumens de mathématiques et mécaniques* de Jacques de Besson, dauphinois, imprimé à Lyon en 1579, in-fol., pag. 172, on trouve la description de plusieurs compas pour tracer des figures rectilignes, curvilignes, ovales et spirales. Tous ces compas sont construits au moyen d'une rosette fixe à une des pointes du compas, qui reste immobile pendant que l'autre tourne autour avec sa touche : tous ces moyens peuvent être regardés comme autant d'applications du tour. On en remarque une assez simple où, à la place d'une rosette elliptique, on a mis un cercle dont l'inclinaison change à volonté, et fournit aussi le moyen de tracer avec la même rosette toutes les ellipses qu'on voudrait avoir.

convéniens ne doivent pas être sauvés ni avec le secours de la main, ni en tournant en sens opposé, mais seulement en plaçant la pointe B hors de la direction AD d'une manière convenable, tellement que tous ces obstacles disparaissent ; ce qu'on obtiendra presque toujours avec un peu de pratique et de patience.

M. de Thilières (tom. VII, n°. 455 des *Machines approuvées par l'Académie royale des sciences*) décrit un compas propre à tracer des spirales. A la fin de ce Mémoire. il est dit : « La seconde » addition de M. Thilières est détaillée dans un Mémoire qu'il a » remis à l'Académie en août 1745, pour en insérer un mot dans » l'Histoire de 1742. »

Depuis quelque temps, on rencontre dans différentes boutiques de Paris un petit instrument destiné à tracer des ellipses, remarquable par sa simplicité.

Une plaque circulaire *A* en bois (fig. 8), Planche n°. 12, et d'un diamètre plus ou moins grand, a sa surface creusée par deux rainures *nn* et *mm* taillées en forme de queue d'aronde; dans ces rainures se meuvent à frottement doux deux pièces *B* et *C*; au milieu de chacune de ces pièces s'élève une pointe ou petit cylindre; ces pointes entrent dans des orifices circulaires percés dans la règle *BD*, l'une à son extrémité *B*, l'autre à une distance plus ou moins grande de celui-ci. On place un crayon à un point quelconque de la règle *CD*, et on la fait tourner autour de ses deux centres de rotation qui parcourent au même temps, l'un la droite *nn*, et l'autre la gauche *mm*: le crayon tracera une ellipse dont on pourra varier à volonté les dimensions et l'excentricité.

En effet, soit $DC = a$; $BC = b$; $DE = y$; $EF = x$; on trouvera pour équation de la courbe tracée par le point *D*:

$$a^2 (a + b)^2 = a^2 x^2 + (a + b)^2 y^2$$

On trouvera aussi la description de deux *ellipsographes*, dans le *Bulletin de la Société d'encouragement*, XVI^e. année 1817, pag. 13; et, dans le 34^e. volume des *Transactions, of the society instituted at London for the encouragement of arts, manufactures, and commerce*, année 1817, pag. 131, celle d'un petit instrument inventé par M. *William Cubitt*, pour le même objet.

(E 10.)

Soient A, N, B, C un système de roues dentées dont les diamètres soient dans le rapport des nombres 2, 1, 2, 4; soit $a' b'$ une règle dont l'extrémité a' est successivement fixée aux points 0, 1 et 2 de la roue A , et assujettie en même temps à toucher un des points a, c de la roue N , 0 et 1 de la ligne B ; ces points étant placés de manière à ce qu'ils puissent se trouver dans la même direction dans une des positions du système, chaque point de la règle $a' b'$ tracera une courbe dans l'espace, et une autre sur les surfaces de révolution qui sont au-dessous.

Ces courbes affectent des formes qui méritent d'être connues, et sont d'un grand usage dans les arts. Il est aisé de voir qu'elles peuvent varier à l'infini, par les diverses combinaisons qu'on peut adopter de la situation primitive de la direction des points 0, 1 et 2 de la roue A , a, c de la roue N , 0 et 1 de la roue B , et d'autres points pris hors de la règle $a' b'$ qui lui soient attachés. Le rapport des diamètres des roues et leur nombre donneront encore naissance à de nouvelles variétés, dans la forme des différentes courbes tracées par cet instrument. Au reste, ce n'est là qu'un mécanisme particulier dont on peut faire usage dans quelques circonstances; mais toutes les courbes qu'on obtiendra pourront aussi être tracées par les mouvemens précédens (A 10.), (B 10.), (C 10.), (D 10.).

(F 10.)

PROBLÈME. Tracer une spirale cylindrique dans l'espace, ou, ce qui revient au même, tracer l'hélice d'une vis.

AB est un axe fixe; à cet axe sont attachés et fixés le cylindre C , sur la surface duquel on veut tracer l'hélice, et la roue dentée D . $MLKN$ est un châssis tournant autour de l'axe AB ; dans ses branches LM, KN est l'axe FG qui peut tourner autour de lui-même, et qui est garni d'une roue dentée E , qui engrène avec D , et d'un cylindre HI taillé en vis avec son écrou P . L'écrou porte d'un côté

la tige OP dont l'extrémité O entre dans une rainure verticale, qui va d'un bout à l'autre du côté LK du châssis, et de l'autre porte un crayon ou outil.

Usage de cette Machine.

Soit α le rayon de la roue E , β celui de D , et δ le pas de la vis qui garnit la surface du cylindre HI . Si on fait faire une révolution au châssis $MLKN$ autour de l'axe AB , la roue E , et par conséquent le cylindre HI auront fait une portion $\frac{\beta}{\alpha}$ de révolution autour de leur axe, et l'outil aura parcouru un espace égal à $\frac{\delta\beta}{\alpha}$, qui sera le pas de l'hélice tracée sur le cylindre C . On donnera à cette quantité la valeur qu'on voudra, en changeant convenablement le rapport de α à β , ou celui de δ par la substitution d'un autre guide HI .

Nous avons dit (C 3.) que, dans le cas où l'écrou est fixe, et que c'est la vis qui tourne, celle-ci aura un mouvement composé de rotation et de translation. Ce mouvement composé est précisément celui qu'il faut employer pour tracer dans l'espace l'hélice d'une vis; par conséquent, il donne aussi la solution du problème proposé. On a fait l'application de ce mouvement à la construction des *hygromètres*, des *clepsydres* et des *pendules* qui marquent soit les degrés d'humidité de l'atmosphère, soit l'heure, sur l'hélice tracée sur la surface d'une colonne.

On peut consulter le *Théâtre universel de la statique*, de Jacques Leupold, imprimé en 1726, planche 16; on y trouvera, par exemple, un hygromètre dont voici la construction.

Supposons que les effets hygrométriques agissent immédiatement sur une crémaillère ab , planche n. 12 (fig. 9), en lui communiquant un petit mouvement de va-et-vient rectiligne; l'axe A est garni d'une roue dentée B , et d'un pignon C ; il est placé de manière que le pignon C engrène avec la crémaillère ab ; par conséquent le petit mouvement rectiligne alternatif de celle-ci sera transformé en circulaire alternatif, dont les effets seront d'autant plus sensibles que le diamètre

de la roue *B* sera plus grand que celui de son pignon *C*. L'axe *nm* porte le cercle *pq*, et celui-ci l'index *s* qui doit marquer les degrés de l'humidité de l'atmosphère, ou l'heure sur l'hélice tracée sur la surface de la colonne, hélice qui doit être convenablement divisée. L'axe *nm* a deux parties bien distinctes : l'une *nr* est taillée en vis et entre dans son écrou fixe *F*; l'autre *rm* est une tige carrée qui glisse à frottement doux dans une ouverture de la même forme, qu'on a ménagée au centre de la roue dentée *tu*; cette dernière roue engrène avec la roue *B*; elle est soutenue par son rebord *xx* qui repose sur la traverse *DE*. Le mouvement circulaire alternatif de la roue *B* sera transmis à la roue *tu*; par conséquent l'axe *nm* et l'index *s* auront le mouvement alternatif composé qui convient à l'objet qu'on s'est proposé.

(G 10.) (*Plan et élévation.*)

En général, quand on se propose de faire parcourir à un point une spirale, c'est dans le but de faire une courbe sur la surface d'un cylindre. Dans ce cas, la machine deviendra plus simple, comme nous l'avons indiqué dans (B 10.), en partageant le mouvement en deux autres, un circulaire et un autre rectiligne. On peut donner au cylindre sur lequel on veut tracer l'hélice, un mouvement rectiligne de translation dans la direction de son axe, pendant que l'outil tourne autour, ou l'on peut le faire tourner sur son axe, pendant que l'outil parcourt une ligne parallèle à l'axe du cylindre. Le dernier moyen est le plus commode, et, par cette raison, il a été préféré dans les machines qui servent à ouvrir les pas de vis de fortes dimensions, telles que celle qui est établie à Chaillot par M. *Perrier*, et une autre exécutée par le mécanicien *Saleneuve*, pour son usage.

Voici les élémens de cette machine extrêmement importante dans les arts. *FG* est le cylindre qui dirige le mouvement rectiligne, et le communique à l'outil au moyen de son écrou *P*; il tourne sur son axe, et sa position est déterminée par les colliers *H* et *I*. *E* est une roue dentée fixe au cylindre directeur, *C* le cylindre qu'on veut tailler en vis; on le monte sur un tour, et on le garnit d'une roue dentée *D*;

les deux cylindres C et FG doivent être placés de sorte qu'ils conservent le plus parfait parallélisme dans leurs axes. A est une troisième roue auxiliaire qui sert d'intermédiaire pour engrener les deux roues D, E ; elle peut s'élever et se balancer dans le but de se prêter à tous les changemens que les circonstances peuvent exiger dans la roue D , afin de changer les rapports des rayons D et E . Si ce rapport est si grand que l'espace invariable dans la machine, entre la distance des axes des deux cylindres, ne permette pas de pouvoir l'obtenir par les deux roues D et E , et qu'il ne soit pas possible de changer de cylindre directeur, on sauvera la difficulté en substituant à la place de la roue A une autre roue garnie d'un pignon.

Soit α le rayon de E ; β , celui de D ; δ , le pas de la vis de FG . Pendant que D fait une révolution, E fera une partie $\frac{\beta}{\alpha}$ de la sienne, et l'outil aura parcouru un espace $\frac{\delta\beta}{\alpha}$ qui sera le pas de l'hélice tracée sur C , que nous nommerons δ' , et on aura $\frac{\beta}{\alpha} = \frac{\delta'}{\delta}$.

Si le rapport $\frac{\delta'}{\delta}$ est trop grand ou trop petit pour que dans la pratique on puisse l'appliquer à une machine donnée, sans changer la valeur de δ , on substituera à A un système de deux roues fixes au même axe, une qui engrene avec D , et dont le rayon soit γ , et une autre engrenant avec E , dont le rayon soit γ' ; on aura alors l'équation $\frac{\beta}{\alpha} \cdot \frac{\gamma'}{\gamma} = \frac{\delta'}{\delta}$, qui donnera plus de moyens pour satisfaire à la question.

(H 10.)

On peut substituer à la vis de direction, une crémaillère dont le mouvement rectiligne soit engendré par celui du cylindre que l'on veut tailler en vis. Le résultat en serait le même; mais peut-être la machine ne réunirait pas les mêmes avantages que celle que nous venons de décrire. Aussi n'avons-nous donné cet exemple que pour procurer l'habitude d'essayer toutes les combinaisons possibles, avant de s'arrêter à une combinaison déterminée.

On peut aussi communiquer à l'outil le mouvement rectiligne par le moyen d'un plan incliné, comme nous l'avons indiqué dans la fig. (H 1.) : dans ce cas on obtient tous les pas de vis qu'on peut désirer, par le changement d'inclinaison du plan incliné. Ce mécanisme peut être employé avec succès pour la confection des vis d'une dimension ordinaire; mais la machine deviendrait trop incommode, si on faisait l'application à des vis de fortes dimensions.

Le plan incliné peut être mis en mouvement soit par une crémaillère qu'on fait engrener avec le pignon *D*, fig. (G 10.), soit par une vis taillée dans un axe perpendiculaire au cylindre qu'on se propose d'ouvrir. M. *Ferdinand Berthoud*, dans son *Essai sur l'horlogerie*, imprimé à Paris en 1786, tom. I^{er}., pag. 150, donne la description d'une machine à tailler les fusées, dans laquelle on emploie le premier de ces deux moyens pour conduire le plan incliné.

(I 10.)

C'est une modification du mécanisme (E 10.). M. *R. Prony*, parlant de cette machine dans sa *Nouvelle architecture hydraulique*, tom. II, pag. 141, dit :

« Nous en avons tiré la description d'un ouvrage anglais de *Georges Adams*, intitulé, *Geometrical and graphical essays, etc.*, London 1791; mais son inventeur est *Jean-Baptiste Suardi*, qui l'a décrit dans un ouvrage italien, qui a pour titre, *Nuovo istromento per la descrizione di diverse curve antiche e moderne, etc.*, et qui le nomme *plume géométrique*.

» La figure (I 10.) représente la *plume géométrique*; elle est fixée sur une table par le moyen des supports *A*, *B* et *C*; les têtes *a*, *a* de deux de ces supports tournent autour d'un axe commun, afin de pouvoir être amenées dans un même plan avec le troisième, et se placer plus commodément dans une boîte, lorsqu'on ne se sert pas de l'instrument.

» Au bas de l'axe *D*, qui est immobile, et fait corps avec le support *C*, on fixe une roue dentée *i*, qui peut être changée, mais qui,

» lorsqu'elle est en place, fait corps avec l'axe *D*, et est immobile
 » comme lui.

» *E G* est une règle de métal, ouverte dans la plus grande partie
 » de sa longueur, dont l'extrémité *E* est engagée entre la pièce *k* et
 » la roue *i*, de manière cependant à pouvoir tourner librement au-
 » tour de l'axe *D*. Une boîte à coulisse *b* est disposée pour pouvoir
 » glisser le long de la règle *E G*, et se fixer en un endroit quelconque.
 » Cette boîte porte une seconde roue dentée *h*, qu'on change à vo-
 » lonté, et qui peut, selon la place de la boîte *b*, ou engrener immé-
 » diatement dans la roue *i*, ou en recevoir le mouvement par l'inter-
 » mède d'une autre roue dentée, comme on le voit dans la figure.

» L'axe de la roue *h* dentée est fixé dans un canon *I* qui tient à
 » une boîte inférieure *c*; une règle *f g* coule dans cette boîte, et
 » porte à son extrémité un crayon *K*, qui trace sur le papier la
 » courbe qu'on veut décrire. Ce crayon s'approche ou s'éloigne à
 » volonté de l'axe de la roue *h*, au moyen de la facilité qu'on a de
 » faire correspondre la boîte *c* à une partie quelconque de la règle
 » *f g*.

» Tout cela bien conçu, il est clair que si l'on fait tourner la règle
 » *E G* autour de l'axe *D*, la roue dentée *h* aura un mouvement total
 » de translation autour de l'axe *D*, et un mouvement particulier de
 » rotation autour de son axe propre; le rapport des vitesses angu-
 » laires que comporteront ces deux mouvemens, dépendra des roues
 » dentées intermédiaires, et de la relation entre le nombre respectif
 » de leurs dents. La boîte *c* et le crayon *K* auront pareillement, outre
 » le mouvement total de translation autour de l'axe *D*, un mouve-
 » ment particulier de rotation commun avec la roue *h*, et la courbe
 » que décrira le point *K* dépendra et du rapport entre les vitesses
 » angulaires ci-dessus mentionnées, et du rapport entre les rayons
 » *D b* et *b k*.

» Ces rapports peuvent être variés à volonté, soit en employant
 » différentes combinaisons de denture, soit en faisant correspondre
 » les boîtes *c* et *b* à différens points de leur règles respectives; il est

» donc évident qu'on peut tracer par ce moyen une infinité de lignes
 » différentes de la circulaire, et qui résulteront néanmoins d'une
 » combinaison de mouvemens circulaires. Les lecteurs un peu géo-
 » mètres pourront s'exercer à étudier les combinaisons qui peuvent
 » produire des courbes données.

» *Adams* dit positivement que ce principe a été appliqué par
 » *MM. Watt et Bolton*, au mécanisme des machines à feu : *It has*
 » *lately been happily introduced into the steam engine, by*
 » *MM. Watt and Bolton*. *M. Watt* a depuis confirmé verbalement
 » la vérité de cette invention à quelqu'un de notre connaissance. »

(K 10.)

A est une planche carrée; *B*, un cylindre fixé à la planche *A*; sa circonférence est taillée en gorge comme celle d'une poulie; *abc*, *def* sont deux cordes qui enveloppent en sens opposé le cylindre *B*, et se terminent d'une part en *a* et en *d*, où elles sont attachées aux chevilles qui garnissent une règle fixe; et d'autre part en *c* et en *f*, où elles sont également attachées aux chevilles d'une autre règle parallèle à la première, qui peut se mouvoir librement dans la direction de sa longueur. Cela posé, si on communique à cette dernière règle un mouvement rectiligne alternatif dans la direction de sa longueur, le carré *A* prendra aussi un mouvement semblable, mais tournera en même temps sur le centre du cylindre *B*; chaque point de sa surface, autre que celui qui répond à ce centre, tracera un épicycloïde.

Nous avons vu employer ce mécanisme pour dégrossir et polir les glaces.

(L 10.) (*Plan et profil.*)

AB est une règle fixe, garnie d'un rang de chevilles *a*, *a*. . . . ; *EDE* est un axe coudé; *CD*, une règle dont l'extrémité *C* se trouve engagée entre deux des chevilles *a* de la règle *AB*, pendant que son extrémité *D*, terminée par un anneau, entre dans le coude de l'axe *EDE*, de façon que, quand cet axe tourne, la règle *CD* a un

mouvement composé à la fois du rectiligne et du circulaire alternatif; par ce mouvement composé, chaque point de la règle *CD* trace une courbe, laquelle, comme on sait, a la forme d'un cœur plus ou moins allongé, dont la pointe se trouve toujours tournée vers la règle fixe *AB*. *N*, plaque carrée garnie d'une roue à rochet *M*: cette pièce peut être fixée dans un point quelconque de la règle *CD*, et doit tourner librement autour d'un axe qui passe par le centre de la roue à rochet *M*. *EFGH* est une pièce connue par sa forme sous la dénomination de *dent de loup*; cette dent de loup se termine en *E* par un anneau qui entre dans l'axe coudé *E*, traverse un autre anneau *F* qui se trouve fixé dans un point de la règle *CD* (et cet anneau étant mobile autour de son axe, permet à la dent de loup d'osciller autour de l'axe *E*, de manière qu'à chaque tour de cet axe, la dent de loup fait une double oscillation), et se termine en *GH* par une courbe, construite de manière que, quand l'extrémité *D* de la règle *CD* se trouvera dans le point de sa course le plus éloigné des chevilles *a, a*, entre lesquelles glisse son autre extrémité *C*, l'extrémité *H* de la dent aura donné à la roue *M* un petit mouvement circulaire autour de son centre; après avoir engrené avec une des dents de sa circonférence, le même effet doit se reproduire successivement à chaque révolution de l'axe *E*, par l'action de la dent de loup sur les autres dents de la roue à rochet.

Tel est le mécanisme qui a été employé par *M. Burrow's*, dans une machine pour polir les glaces, dont on verra la description dans le tom. II, pag. 142 de l'ouvrage de *M. Alexandre-Mabyn Bailez*; le modèle de cette machine se trouve dans le musée des machines, au conservatoire des arts et métiers, rue Saint-Martin, à Paris.

(M 10.) (*Planche n°. 11.*)

Nous avons indiqué (H 10.) qu'on peut employer un plan incliné à la confection des vis d'une dimension ordinaire; que le plan incliné peut être mis en mouvement, soit par une crémaillère, soit par une vis perpendiculaire au cylindre qu'on veut tailler; nous avons ren-

voyé, pour l'application du premier de ces deux moyens de conduire le plan incliné, à la description donnée par *Berthoud* d'une machine à tailler les *fusées*. Voici comment on pourrait employer le second à faire des vis de petite dimension, telles, par exemple, que les vis à bois.

AA' est le cylindre qu'on se propose de tailler en vis; il est soutenu par les deux poupées F et G , se termine en A par une roue dentée C , et la puissance qui le fait tourner est appliquée à son extrémité A' : l'axe BB' est perpendiculaire au cylindre AA' , est soutenu par les deux poupées H et I , et porte une roue dentée D qui engrène avec la roue C : la partie gh de l'axe BB' est taillée en vis. E est une barre de fer dans laquelle glisse à frottement doux la boîte ou porte-outil M ; cette barre de fer a la forme d'un prisme triangulaire ou quadrangulaire, elle est soutenue par les deux poupées F et G . $abcd$ est une grande et profonde mortaise pratiquée sur le plan qui soutient les poupées F , G , H et I . $efbd$ est une règle dont l'épaisseur est égale à la profondeur de la mortaise $abcd$, elle entre dans cette mortaise et peut glisser librement dans toute sa longueur. De la surface de la règle $efbd$ s'élèvent deux poupées K et L ; la première se termine par un cylindre percé d'un orifice circulaire dans lequel entre l'axe BB' , et la seconde par l'écrou de la vis gh . A l'extrémité ef de la règle $efbd$ on fixe la règle esi : la règle ik peut tourner à charnière autour du point i , elle a une fente longitudinale lm dans laquelle entre un petit cylindre qui tient au porte-outil M . p et q sont deux petites sphères qui se trouvent aux extrémités de deux cylindres qui s'élèvent, le premier de la règle $efbd$, et le second de la règle ik ; ces deux cylindres peuvent tourner librement autour de leurs axes. La partie no de la tige np est cylindrique et traverse l'orifice circulaire de la petite sphère p ; elle peut tourner librement, mais elle ne peut pas glisser; l'autre partie or de la même tige nr est taillée en vis et entre dans son écrou taillé dans la petite sphère q .

Cela posé, si le cylindre AA' vient à tourner, ce mouvement circulaire sera transmis à l'axe BB' , la règle $efbd$ marchera et entraînera

avec elle la règle ik . On peut faire varier à volonté l'inclinaison de cette dernière par le moyen de la tige nr ; par conséquent, elle remplira les fonctions d'un plan incliné, et conduira le *porte-outil* M avec la vitesse qu'on voudra.

Soit p le pas de la vis qu'on se propose d'ouvrir; p' celui de la vis directrice gh : n le diamètre de la roue C : n' celui de la roue D : R le rayon des tables; et a l'angle d'inclinaison du plan incliné, on aura

$$p = \frac{1}{R} p' \cdot \frac{n}{n'} \text{tang. } a.$$

équation qui donnera la valeur d'une des cinq quantités p, p', n, n' et a , les quatre autres étant connues; en général, c'est la valeur de a qu'on aura à déterminer.

(N 10.) *Planche n°. 11.*

Le mouvement (L 1.) peut être aussi employé à la confection des vis de petite dimension; en effet, soit une portion de l'axe HG comprise entre les deux poupées r et p , qu'on veut tailler, on suppose que la partie AG de sa prolongation est taillée en vis; cette prolongation de l'axe HG est soutenue par la poupée q : la vis HG entre dans l'écrou s et ne peut pas tourner. La règle AB est conduite par l'écrou s , qui peut tourner librement autour du point A ; elle a une fente longitudinale nm dans laquelle entre le cylindre fixe c .

La règle CD glisse entre les ouvertures pratiquées dans les trois poupées r, p , et q ; elle porte l'outil K , et la branche perpendiculaire EF : d'un des points de cette branche EF s'élève le petit cylindre a qui entre dans la fente nm de la règle AB . Si l'on tourne convenablement l'axe AH , l'écrou s marchera vers G , et il entraînera la barre CD ; par conséquent l'outil K aura une vitesse qu'on fera varier à volonté.

Soit p le pas de la vis qu'on se propose d'ouvrir; p' celui de la vis AG : a la distance Ac : et y la distance ca entre le cylindre c qu'on

suppose fixe, et le cylindre a qu'on peut placer dans un point quelconque de la branche EF ; on aura

$$y = a \cdot \frac{p}{p'}$$

équation dans laquelle $p = p'$ dans deux cas très-différens, savoir, celui de $y = a$, et celui de $y = l'infini$; dans ce dernier cas l'angle HAB est constant.

On trouve ce mécanisme appliqué à une machine à tailler les fusées dans le *Traité d'horlogerie*, de *Thiout*, tom. I^{er}. pag. 70.

§ XI.

Le mouvement circulaire continu, avec une vitesse uniforme ou variable d'après une loi donnée, peut se changer en mouvement alternatif d'après une courbe donnée, avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable, d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

On ne connaît pas de moyen direct de résoudre ce problème; mais si l'on transforme le mouvement circulaire continu en circulaire alternatif, au moyen de l'un quelconque des mouvemens compris dans le § IX, ce dernier se changera en un autre alternatif, d'après une courbe donnée, au moyen de tous ceux indiqués dans le § X, et par (A 20.).

§ XII.

Le mouvement continu d'après une courbe donnée, avec une vitesse uniforme ou variable, d'après une loi donnée, peut se changer en rectiligne alternatif, avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

Par le § X, on transformera le mouvement donné en circulaire continu; et, par le § VII, on changera ce dernier en rectiligne alternatif.

§ XIII.

Le mouvement continu d'après une courbe donnée , avec une vitesse uniforme ou variable d'après une loi donnée , peut se changer en circulaire alternatif , avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit , constante ou variable , d'après une loi donnée , dans le même plan , ou dans des plans différens.

On transformera , par le § X , le mouvement donné en circulaire continu , et celui-ci en circulaire alternatif , par le moyen du § IX.

§ XIV.

Le mouvement continu d'après une courbe donnée , avec une vitesse uniforme ou variable d'après une loi donnée , peut se changer en mouvement d'après une courbe donnée , avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit , constante ou variable d'après une loi donnée , dans un même plan ou dans des plans différens.

(A 14.

Si on transforme le mouvement donné en circulaire continu , au moyen du § X , celui-ci se changera en un autre , d'après une courbe donnée , par le moyen du même paragraphe.

(B 14.) *Planche n°. 8.*

Pantographe ou singe , perfectionné par M. Langlois , ingénieur pour les instrumens de mathématiques. On en trouvera l'explication dans les Machines approuvées par l'Académie des sciences , t. VII , n°. 460. Par son moyen on trace toute espèce de figures semblables , changeant de grandeur à volonté , avec des vitesses dont le rapport est donné.

Dans les *Annales des arts et manufactures* , tom. V , pag. 59 , on trouve la description d'une machine à copier les dessins et les écri-

tures, qu'on nomme *autographe*, et qui est une modification du pantographe.

§ XV.

Le mouvement continu, d'après une courbe donnée, avec une vitesse uniforme ou variable, d'après une loi donnée, peut se changer en mouvement alternatif d'après une courbe donnée, avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

Par les moyens indiqués § XIII, on changera le mouvement donné en circulaire alternatif, et celui-ci en alternatif d'après une courbe donnée, par ceux du § X.

§ XVI.

Le mouvement rectiligne alternatif, avec une vitesse uniforme ou variable d'après une loi donnée, peut se changer en rectiligne alternatif, avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

On transformera le mouvement rectiligne alternatif en circulaire, par les moyens indiqués § VII, et celui-ci en rectiligne alternatif, par le même paragraphe.

Tous les mouvemens du § I^{er}. peuvent aussi résoudre le problème.

M. Du Buisson a décrit une machine, qu'il a inventée pour placer les flans sous les carrés du balancier (*Machines approuvées par l'Académie*, tom. V, n°. 350). Il se sert du plan incliné pour produire le mouvement rectiligne alternatif. On cite cette invention pour servir à l'Histoire des machines.

La petite pompe dont on fait usage à bord des vaisseaux, et dans les magasins de vins, pour tirer les liquides par des secousses alternatives de la main, connue généralement sous la dénomination de

canne hydraulique, et composée d'un tube garni d'une soupape à l'extrémité que l'on plonge dans le fluide, ou même sans aucune soupape, mais en employant avec adresse le pouce de la main, dans l'autre extrémité qui se trouve hors du fluide, appartient à ce paragraphe.

§ XVII.

Le mouvement rectiligne alternatif, avec une vitesse uniforme ou variable d'après une loi donnée, peut se changer en circulaire alternatif, avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

(A 17.)

Une partie des mouvemens, § III et § VII, appartient aussi à ce paragraphe.

(B 17.) *Planche n°. 9.*

AB est un levier qui tourne autour de son axe *C*, centre de la demi-circonférence *DEF* fixe au même levier. Dans les points *D* et *F* entrent les extrémités d'une chaîne *DGHKF*, qu'on assujettit à deux boulons, de manière à pouvoir l'allonger ou la raccourcir à volonté. La chaîne passe par les deux poulies de renvoi *G* et *K*, et le mouvement circulaire alternatif du levier *AB* en produit un rectiligne alternatif au point *H* de la chaîne, et réciproquement.

On a appliqué ce mouvement à une machine à receper les pilotis sous l'eau ; et c'est en effet un des plus simples et des plus convenables pour cet objet.

(C 17.)

Le mouvement du zigzag est très-connu ; on l'emploie dans différens joujoux pour l'amusement des enfans. Le P. *Du Vivier* l'a appliqué à une machine qu'il prétendait faire servir pour remonter les bateaux (*Machines approuvées par l'Académie des sciences*, t. VI,

n°. 429). Il y a aussi plusieurs applications de ce même mouvement à des machines, toutes très-imparfaites, dans le *Théâtre des instrumens de mathématiques* de *Jacques de Besson*, imprimé à Lyon en 1579. Cet auteur communique le mouvement alternatif circulaire par une vis fixe, composée de deux parties taillées en vis, et dont les hélices tournent en sens opposé. La vis en tournant oblige deux écrous, qui se trouvent aux extrémités des deux dernières branches du zigzag, à s'éloigner et à se rapprocher alternativement. Ce mécanisme peut aussi s'appliquer à d'autres objets (1).

La pince ou tenaille qu'on emploie généralement pour tirer des corps très-pesans du fond de la mer, est une application de ce même mouvement.

Le dévidoir ordinaire, pour être très-commun, n'est pas moins une application très-ingénieuse et très-utile du mouvement du zigzag.

(D 17.)

Dans les n°. 19 et 20 des *Annales des arts et manufactures*, on trouve la description d'une nouvelle pompe aspirante, présentée au ministre de la marine par M. *Berger*.

Cette pompe, à double piston, offre des avantages qui méritent l'attention; l'idée (disent MM. *Bory*, *Monge* et *Lévéque*, dans leur Rapport à l'Institut, copié en entier dans les n°. cités, et dont nous recommandons la lecture) n'appartient pas à M. *Berger*, il en convient lui-même; elle est due à un anglais nommé *Noble*, dont les pompes ont été admises avec empressement dans la marine anglaise, et substituées aux pompes à chaînes. Les premières pompes de cette espèce furent placées, en 1790, à bord du vaisseau le *Windsor-Castle*, de 74 canons, et on a continué depuis à s'en servir avec beaucoup d'avantage. M. *Berger* propose deux moyens pour faire

(1) *Leupold*, dans le I^{er}. volume de son ouvrage, que nous avons cité (F 7), chapitre 23, du *bec de cygogne*, donne sous cette dénomination quelques applications du mouvement à zigzag.

mouvoir ses pompes : les rapporteurs n'hésitent pas à en rejeter un ; mais ils regardent l'autre comme préférable aux manivelles coudées employées par les Anglais. Voici la description qu'ils donnent de ce moyen, dans le rapport cité :

« La pièce principale est une losange formée de quatre tringles ab ,
 » bc , cd , da de fer, réunies à charnière par leurs extrémités, de
 » manière qu'on puisse ouvrir et fermer les angles, et former toutes
 » les losanges isopérimètres. Qu'on se représente le plan de cette
 » losange placé verticalement avec une de ses diagonales dans une
 » position horizontale, et soutenu par deux piliers ae , cf d'égale
 » hauteur, de manière que le même boulon qui réunit les côtés con-
 » tigus, réunit en même temps ces côtés au pilier correspondant.
 » Dans cette position, il est clair que l'autre diagonale de la losange
 » sera verticale; elle doit répondre au milieu du corps de pompe, et
 » être dans le prolongement de son axe. A l'extrémité supérieure b
 » de cette diagonale, sont attachées les deux verges du piston infé-
 » rieur, et à son autre extrémité est fixée celle du piston supérieur; et
 » le même boulon qui réunit les règles contiguës à cette diagonale,
 » les réunit aussi aux verges des pistons.

» Devant faire varier les angles de la losange, et par là la longueur
 » de ses diagonales, on sent que les deux piliers ae , cf qui la sup-
 » portent, ne peuvent être fixes. En conséquence, ils sont établis sur
 » le pont entre deux flasques e , f , auxquelles ils sont réunis par un
 » boulon, et ont ainsi un mouvement de rotation dans le plan même
 » de la losange.

» L'auteur nomme cet appareil *losange à diagonales changeantes*.
 » Sa disposition entendue, on sent qu'en rapprochant les angles hori-
 » zontaux de la losange, l'angle supérieur se lève, tandis que l'infé-
 » rieur s'abaisse de la même quantité : c'est le contraire en les écartant :
 » tel est le jeu des pistons. On voit que, dans cet appareil, le *maxi-*
 » *mum* de la course de chaque piston est égal au côté de la losange;
 » mais ce *maximum* n'est pas nécessaire, et il ne serait pas même
 » possible de l'obtenir; car il importe que les piliers ne s'écartent pas

» trop de la verticale. *M. Berger* se propose d'employer une losange
 » d'environ six décimètres de côté, et se contente de donner à chaque
 » piston une course d'environ dix-huit pouces de nos anciennes me-
 » sures.

» Dans le jeu des pistons que nous venons de décrire, on sent que
 » les différens points des côtés de la losange s'élèvent et s'abaissent
 » proportionnellement, de manière que la course de chaque piston,
 » et la course verticale d'un point quelconque d'un côté, sont toujours
 » en raison des distances du point de suspension du piston et du
 » point dont il s'agit, au centre du mouvement de la losange qui est
 » à l'extrémité du pilier voisin. Ainsi la ligne horizontale qui joindrait
 » le milieu des côtés inférieurs, monte ou descend d'une quantité
 » égale à la moitié de la course de chaque piston. C'est à cette ligne,
 » rendue matérielle, que *M. Berger* transmet immédiatement l'ac-
 » tion du moteur; et voici la disposition qu'il emploie: chaque côté
 » inférieur de la losange est traversé dans son milieu par un essieu de
 » fer auquel sont fixés deux moyeux de bois d'environ un décimètre
 » de hauteur; la partie excédante de chacun des essieux est bien cylin-
 » drique, et reçoit des roulettes de cuivre qui ont un épaulement du
 » côté extérieur; ces roulettes supportent une espèce de brancard qui
 » embrasse la losange, en entrant dans des ouvertures longitudinales
 » faites dans les côtés de ce brancard, et le tout est contenu par des
 » écrous comme dans les voitures. La longueur des ouvertures des
 » côtés du brancard, est déterminée par la course qu'on veut donner
 » aux pistons. Au milieu de chacun de ces côtés est un axe fixe; ils
 » doivent être bien cintrés, devant faire l'office d'un seul axe qui tra-
 » verserait le brancard; ces axes entrent dans les côtés du châssis
 » d'une bringueballe qui embrasse tout le système; elle est à peu près
 » semblable à celle des pompes à incendie. L'axe du mouvement de
 » la bringueballe est supporté par deux poteaux verticaux *CD*, et le
 » bras qui regarde la losange se trouve divisé au tiers de sa longueur
 » par les axes du brancard.

» Il est visible qu'avec cet appareil les hommes agissant sur les

» barres feront hausser ou baisser le brancard, parce que les roulettes
 » à épaulement, parcourant les ouvertures de ses côtés, permettront
 » à la losange de s'ouvrir et de se fermer alternativement, ce qui pro-
 » duit le jeu des pistons. On voit également que la course du brancard
 » ne sera que la moitié de celle des pistons, et que les hommes qui
 » agissent sur les barres n'auront à parcourir que le même espace
 » que les pistons, lesquels auront une course simultanée parfaitement
 » égale, et en sens contraire. Enfin les verges des pistons se main-
 » tiendront dans la même verticale, parce qu'en vertu de ce méca-
 » nisme, les points de la losange où elles sont attachées, tendent à
 » décrire en même temps deux courbes planes verticales égales et
 » semblables, lesquelles sont adossées, ayant leur concavité tournée
 » dans des sens opposés. Ainsi ces points ne peuvent suivre que leur
 » tangente commune, qui est verticale.

» Lorsque nous disons que la course des pistons sera le double de
 » celle du brancard, cela ne doit pas se prendre à la rigueur; car,
 » dans la disposition que nous avons décrite, elle sera un peu plus
 » grande par l'effet de la rotation des piliers qui supportent la losange,
 » parce qu'en vertu de ce mouvement la diagonale horizontale s'é-
 » lève et s'abaisse dans un plan horizontal; mais cet effet est plus
 » avantageux que nuisible. »

Les mêmes rapporteurs font observer l'avantage qu'il y aurait à
 placer les hommes dans cette espèce de bringueballe en dedans des
 barres et non pas en dehors, c'est-à-dire, de manière qu'ils se tournent
 le dos au lieu de se regarder en face, en ce que cette situation des
 hommes permet d'appliquer plus long-temps leur action, sans éprou-
 ver promptement le décroissement progressif qui résulte de la fa-
 tigue (1).

(1) Dans la fig. (D 17) nous avons supprimé le brancard, et nous n'avons indiqué
 qu'une portion *gi* de la bringueballe; sur cette portion d'un des côtés de la bringue-
 balle, on a tracé la courbe *n m k* dans laquelle doit entrer l'axe *n* qui est fixe à l'un des
 côtés inférieurs de la losange: cet axe est garni d'une roulette pour diminuer le frotte-

Au moyen de deux portions de chaînes attachées en sens opposés à chacune des tiges MN et PQ qui passent par les tenons p, q, r, s , le mouvement circulaire alternatif du balancier B , terminé par deux portions de cercle où viennent se fixer les chaînes, imprime un mouvement rectiligne alternatif à ces tiges, et réciproquement.

Berthelot, dans sa *Mécanique appliquée aux arts*, tom. I^{er}, pag. 13, décrit un moulin à balancier. Le mouvement d'une pédale est transformé en rectiligne alternatif, par le moyen de deux chaînes qui agissent sur deux tringles, dont l'une descend pendant que l'autre monte; chaque tringle est garnie d'un cliquet qui agit d'un même côté sur les dents d'une roue à rochet, et communique à cette roue un mouvement circulaire continu. Dans l'axe de la roue à rochet se trouve la grande roue à alluchons, qui agit sur la lanterne de l'arbre de la meule.

Il emploie le même mécanisme, tom. I^{er}, pag. 36, à une machine pour pulvériser différentes matières: l'arbre de la roue à rochet est garni de cammes qui soulèvent les pilons; et dans le même volume, page 38, on l'applique encore aux martinets pour les grosses forges.

On trouvera encore quelques exemples de l'application de ce mouvement dans la tom. XII, pag. 83, des *Annales des arts et des manufactures*; dans un Mémoire qui a pour titre, *Description de plusieurs nouvelles pompes à feu, etc.* On dit, dans ce Mémoire, qu'on peut se procurer à Londres des machines à vapeur, depuis la force d'un cheval, et ne consommant qu'un boisseau de charbon par

ment. Ce mécanisme nous a paru plus simple que celui proposé par M. Berger. Malgré la suppression du brancard et les changemens faits à la figure, le texte n'est pas moins intelligible, si on le suit avec attention; et ceux qui auront bien compris ce que nous avons exposé (A 7), (B 7) et (K 7), ne trouveront pas la moindre difficulté à tracer convenablement la courbe nmk .

jour, jusqu'à la pompe à feu, qui égale la force de cent vingt chevaux, et qui brûle onze milliers de houille en vingt-quatre heures. Ces mêmes machines ont reçu de M. *Woulf* des améliorations qui doivent porter plus loin l'économie du combustible, comme on peut le voir dans le tom. XX, pag. 294, des *Annales des arts et des manufactures*; et dans le vol. XXVIII, n°. 221 et 222 de la *Bibliothèque Britannique*.

(F 17.)

Machine très-connue dans les arts; on la nomme *drille, trépan*, ou *machine à forer*. *A* est la tige; *B B*, la corde; *CC*, la traverse; *D*, le volant; *E*, la moufle ou *douille*, qui ensemble s'appellent *fût du trépan*; *F*, le *trépan*; *G*, le bout perçant.

Le mouvement alternatif rectiligne de la traverse produit le circulaire alternatif du trépan : cette manière de forer a l'inconvénient de gâter, dans très-peu de temps, le bout perçant; ce qui n'a pas lieu quand on emploie un foret tournant toujours dans le même sens.

(G 17.)

AB est une tige qui glisse entre les coulisses *n, m*. Le levier *DF*, tournant sur son axe *E*, communique, au moyen de la règle *CD*, son mouvement circulaire alternatif à la tige *AB*, qui va et vient en ligne droite; la réciproque a lieu aussi. Ce mouvement s'applique aux pompes. Dans le nombre de ces pompes qui méritent quelque attention, nous citerons celle à double piston de M. *M.-R.-W. Franklin*, dont on trouvera la description dans le *Bulletin de la Société d'encouragement*, XV^e. année, — août 1816.

(H 17.)

Parallélogramme employé dans les pompes à feu à double injection, pour transformer le mouvement alternatif rectiligne de la tige inflexible du piston, en circulaire alternatif du balancier (la réciproque a également lieu). En voici la description donnée par

M. Prony, dans la seconde partie de sa *Nouvelle Architecture hydraulique*, pag. 56.

« Le parallélogramme $abcd$ tient au balancier par les points a et c fixes par rapport à ce balancier ; mais les côtés de ce parallélogramme peuvent changer d'inclinaison les uns par rapport aux autres, au moyen de ce que leurs extrémités sont assemblées à charnières, c'est-à-dire, garnies de boîtes ou colliers qui embrassent des axes horizontaux (comme on le voit page 116, où l'auteur donne des détails sur la construction de ce parallélogramme). Les axes en a et en c sont dans un même plan avec le centre ou axe O de rotation du balancier.

» De plus, l'angle d du parallélogramme est toujours retenu à une distance constante d'un point fixe f' , au moyen de la verge de métal $f'd$, dont l'extrémité est également garnie d'une boîte ou collier qui embrasse l'axe passant en d .

» Cela bien conçu, si on imagine que l'angle b soit poussé ou tiré dans une direction verticale, l'effort se décomposera suivant ba et bd ; les points a et c décriront des arcs de cercle, dont le point O sera le centre, et le point d décrira un arc de cercle qui aura $f'd$ pour rayon. Mais les courbes décrites par les points a , c , d , ne peuvent être ainsi fixes et déterminées, sans que le point b ne décrive aussi une courbe pareillement fixe et déterminée : or, on conçoit aisément, à l'inspection de la figure, que, lorsque le mouvement du balancier tend à écarter le point b de la verticale, dans un sens, l'effet de la rotation de d autour de f' , est d'écarter b de la verticale dans le sens contraire, et que ces deux effets peuvent se combiner de telle manière, que la courbe décrite par le point b diffère si peu d'une ligne droite verticale, que dans la pratique on puisse la considérer comme telle. »

On trouvera la théorie du parallélogramme, développée avec toute la clarté et les détails qu'on peut désirer, dans le même ouvrage, pages 137 et suivantes.

(I 17.)

Le même problème a été résolu par M. de Bétancourt, sans employer le parallélogramme (H 17.). Voici de quelle manière M. Prony rend compte de ce moyen, page 67 de l'ouvrage cité.

» Deux pièces de bois ab , dO tournent autour des points ou centres a et O ; leurs extrémités b et d sont assujetties l'une à l'autre, par la pièce de fer $b c' d$, avec des articulations en b et en d . Les longueurs ab et dO de centre en centre des tourillons sont égales; la somme $ab + dO$ de ces longueurs est égale à la distance du point a au point O projetée sur l'horizon, ou mesurée horizontalement, en sorte que, lorsque ab et dO sont de niveau, la ligne droite passant par d et b est verticale; et, comme la longueur de la pièce bd de centre en centre des tourillons est égale à la différence de niveau des points a et O , bd devient verticale en même temps que ab et dO deviennent horizontales.

» Au moyen de cette disposition, si les points b et d ne décrivent pas des arcs d'un grand nombre de degrés au-dessus et au-dessous des horizontales, passant respectivement par les points a et O , le milieu c' de bd parcourra sensiblement une ligne droite verticale. En effet, tant que b et d s'éloignent peu de l'horizontale, les rayons ab et dO , étant de même longueur, le point b s'élève ou s'abaisse, par rapport au point a , sensiblement de la même quantité dont le point d s'élève ou s'abaisse par rapport au point O ; d'où il suit que les arcs décrits par les points b et d peuvent, dans ce cas, être censés égaux. Cette hypothèse admise, les points b et d doivent toujours être à la même distance d'une verticale dont les points O et a seraient eux-mêmes également éloignés; donc, si c' est placé au milieu de bd , il doit se trouver continuellement dans la verticale dont nous venons de parler. Cette verticale passant par l'axe commun du cylindre à vapeurs et de la tige $c c'$ de son piston, il ne s'agit que de placer un axe horizontal au sommet c' de la tige qui tourne dans un collier pratiqué au milieu de bd , et on aura rempli la condi-

» tion proposée. » On en trouvera la théorie page 123 du même ouvrage.

(K 17.)

C'est l'archet, trop connu pour mériter que nous nous arrêtions à l'expliquer.

Nous remarquerons seulement que, si le mouvement rectiligne alternatif de l'archet communique un mouvement circulaire alternatif à l'axe autour duquel sa corde fait un tour, il peut aussi lui communiquer un mouvement circulaire continu; et pour cela il suffit de garnir l'axe d'un volant, et d'agir avec adresse avec l'archet, donnant à la main un certain mouvement pour faire en sorte que la corde de l'archet n'agisse sur le cylindre que dans un sens; un peu d'exercice suffit pour réussir dans la pratique. Tel est le mécanisme employé par M. *Raux* pour communiquer le mouvement au *file-fil* de son invention, petite machine qui mérita l'approbation de l'Institut, et qui parut à l'exposition des objets de l'industrie nationale, année 1806.

(L 17.)

Si on fait tourner la roue *A* dans un sens, la roue *B* tournera dans le sens opposé, et l'une et l'autre agiront sur les crémaillères correspondantes, de manière à communiquer un mouvement rectiligne à la tige *CD*; par conséquent ce mouvement peut être aussi placé dans la colonne n°. 7.

(M 17.)

C'est une modification du mouvement qui précède, susceptible de plusieurs applications utiles.

Si sur un axe on fixe deux roues dentées, et qu'on fasse engrener avec chacune de ces roues deux crémaillères diamétralement opposées, le mouvement circulaire alternatif de l'axe communiquera un mouvement rectiligne alternatif aux crémaillères, et les extrémités de ces mêmes crémaillères s'approcheront ou s'éloigneront de l'axe

d'une manière uniforme; c'est ainsi qu'on a construit des dévidoirs, et qu'on peut former un cylindre dont le diamètre soit variable comme celui dont nous avons parlé dans l'art. (C 7.), en multipliant convenablement le nombre des roues et des crémaillères.

(N 17.)

Transformer le mouvement rectiligne alternatif en circulaire alternatif (*Annales des arts*, n°. 43). $abcd$ est une règle assujettie à se mouvoir dans une coulisse; une autre règle $tvdkv't$ est attachée à la première par la charnière r , de façon que le système des deux règles s'ouvre et se ferme autour de r , comme les deux pièces d'une mesure de poche à charnière. Une plaque de métal $lnhm$, qui se meut parallèlement à la ligne bd , porte les deux goupilles p et q , lesquelles se logent dans des échancrures vt et vt' pratiquées dans la règle $tvdkv't$. On conçoit qu'en vertu de cette disposition, si la pièce $lnhm$ se meut du côté de e , les deux règles étant supposées ouvertes, elles doivent se fermer d'abord par l'action de la cheville q sur la courbe $t'v'$, et être entraînées ensuite par la continuation du mouvement de la pièce $lnhm$. L'effet inverse a lieu lorsque le mouvement de cette pièce se fait en sens opposé. Telle est la mécanique employée par M. *Droz* pour mettre sous un balancier le flan qu'il faut frapper, et pour chasser celui qui l'a été précédemment.

Le mouvement alternatif rectiligne de la main mécanique est très-lent aux extrémités de sa course, et accéléré vers le milieu, afin de recevoir les flans qui tombent d'une trémie, et les déposer sous le balancier sans la moindre secousse. Ce mouvement lui est communiqué au moyen d'une cheville λ , fixée à la pièce coulante $lnhm$, qui entre dans une ouverture oblongue pratiquée à l'extrémité du bras inférieur $\delta\gamma\delta$; l'axe y est horizontal et perpendiculaire au plan passant par l'axe de la grande vis du balancier; de sorte qu'en faisant mouvoir ce levier dans un sens ou dans l'autre, on pousse en avant ou en arrière la cheville λ , et par conséquent la pièce $lnhm$. L'extrémité supérieure du levier $\delta\gamma\delta$ est assujettie à se mouvoir entre deux courbes

de métal qu'on construira d'après les règles données (A 7.). Chacune de ces courbes est attachée par son extrémité à l'arbre de la grande vis, et elles sont disposées de manière que la cheville λ s'éloigne lorsque la grande vis s'abaisse, et réciproquement. Par là nous voyons comment le jeu de la main mécanique se trouve lié au mouvement du balancier, et comment il en est le résultat. En effet, le mouvement circulaire alternatif du balancier supposé constant, par le moyen des deux courbes horizontales qui forment une rainure dans laquelle entre l'extrémité supérieure du levier vertical $\delta\gamma\delta$, se transforme en circulaire alternatif, très-lent à l'extrémité des oscillations, et accéléré vers le milieu. Le même résultat a lieu pour l'extrémité inférieure δ ; mais alors on change de plans, et l'on conservera la même grandeur aux oscillations, si l'axe γ est au milieu du levier $\delta\gamma\delta$; on les rendra plus grandes ou plus petites en l'approchant ou en l'éloignant du point supérieur. Ce dernier mouvement circulaire alternatif non constant se change en rectiligne alternatif d'après la loi qu'exige le but de la machine.

(O 17.) *Planche n°. 10.*

$AB B$ est le balancier d'une pompe à feu; G , le centre de rotation de ce même balancier; nm , barre de fer qui peut tourner librement autour d'un axe b placé à l'extrémité A du balancier, et qui partage la barre nm en deux parties égales; la barre de fer nm tient par une de ses extrémités n à la tige f du piston de la pompe, et, par l'autre extrémité m , tient à la barre de fer pq qui tourne autour d'un axe fixe q .

On suppose donnés, 1°. les dimensions du balancier $AB B$; 2°. la position de son centre de rotation G ; 3°. l'arc de cercle bca que l'extrémité A du balancier doit parcourir à chaque oscillation, arc qui doit être tangent à la direction du piston f de la pompe; 4°. la longueur de la tige de fer nm .

On demande quelle doit être la longueur de la tige pq , et la po-

sition de son centre de rotation q , pour que la course du piston s'écarte le moins possible de sa direction rectiligne.

On détermine la position des trois points m, m', m'' , de manière à indiquer celle que l'extrémité m de la tige donnée nm doit avoir au commencement, vers le milieu et à la fin de la course du balancier, pour que, dans ces trois positions, l'autre extrémité n se trouve précisément dans la direction de la tige f du piston. On fait passer un cercle par ces trois points; le rayon de ce cercle sera égal à la longueur de la tige demandée, et son centre sera celui qui doit lui servir de rotation.

La courbe tracée par l'extrémité n de la tige f du piston, passe par les trois points n, n', n'' , et s'écarte d'autant moins de la ligne droite, que l'arc acb , parcouru par l'extrémité du balancier, est plus petit.

On emploie ce même procédé pour déterminer dans la fig. (H 17.), planche 9, la longueur de la tige $f'd$, et la position du point de rotation f' ; et dans la fig. (I 17), la longueur de la tige ab et la position du point de rotation a .

(P 17.) *Planche n^o. 11.*

Nous avons donné (G 8.) un mécanisme qu'on emploie généralement dans les *mull-jennys* pour filer le coton. Dans les filatures de laine, le mouvement du *chariot* n'est pas uniforme dans toute sa course; il commence d'abord par parcourir, avec un mouvement uniforme, un espace fk , à peu près d'un et demi à deux pieds de long, selon la quantité de la laine; pendant cet intervalle, la machine fournit une certaine portion de laine. Cette laine fournie par la machine doit être encore allongée d'environ quatre pieds; la torsion doit augmenter à mesure que le fil s'allonge, et le mouvement de rotation des *fuseaux* étant uniforme, il faut que la marche du *chariot* se ralentisse progressivement à mesure que le fil devient plus long. C'est à l'expérience à faire connaître la loi qu'il convient d'adopter pour ce ralentissement. Dans les manufactures, on n'a pas employé

généralement jusqu'à ce jour que l'adresse des ouvriers pour conduire le *chariot* qu'ils traînent avec la main gauche, pendant qu'avec la droite ils tournent uniformément la roue qui fait aller les *fuseaux*, et ce n'est qu'après un long apprentissage que les ouvriers se trouvent en état de remplir cette tâche difficile.

On éviterait l'inconvénient de ce long apprentissage, et on obtiendrait sans doute des résultats plus satisfaisants, si l'on pouvait résoudre généralement le problème suivant :

Supposant que dans le mécanisme (G 8) le mouvement de rotation de la poulie B est uniforme, trouver le moyen de rendre variable à volonté sa vitesse de translation.

Voici la solution générale qu'on demande. On substituera à la place de la poulie *B*, fig. (G 8), un tambour *A*, fig. (P 17), dont la forme sera déterminée d'après la loi des vitesses de translation qu'on se sera proposée. Une gorge en spirale part de l'extrémité *a* de ce tambour, et, après un certain nombre de circonvolutions, elle va se terminer à son autre extrémité *b*. Soit *fh* la course totale que le *chariot* doit faire, on prendra *hg* égale à la hauteur *ac* du tambour *A*, on fixera une corde en *f* et une autre en *g*; l'une et l'autre doivent avoir une longueur égale à *fg*: l'autre extrémité de la première corde viendra se fixer en *a*, et celle de la seconde en *b*, après avoir été enroulées en sens opposé dans la gorge spirale du tambour *A*. Ces deux cordes doivent se toucher toujours dans le même point de la surface du tambour *A*.

D'après cet arrangement on voit, 1°. que, si le tambour *A* tourne uniformément autour de son axe, son mouvement de translation variera comme les rayons de la spirale; 2°. que, à mesure que l'une de ces deux cordes se développe, l'autre s'enveloppe, par conséquent qu'elles se trouveront également tendues; 3°. enfin, que le tambour *A* n'aura aucune tendance à se mouvoir dans la direction de son axe *ac*.

Ce mécanisme nous a été communiqué par M. Barthélemi Sureda, dont nous avons déjà fait mention (O 7).

D'après les observations faites par M. Sureda, avec le plus grand

soin, pour déterminer le rapport des vitesses dans la marche du *chariot* conduit par les meilleurs ouvriers, le *chariot* après la première partie de sa course, avait encore à parcourir 4 pieds 4 lignes ou 580 lignes; cet espace fut parcouru pendant que la roue qui fait tourner uniformément les *fuseaux* fit dix tours, et les espaces parcourus à chaque révolution de la roue furent :

	lignes.
Pendant le 1 ^{er} . tour de la roue.	112
2 ^e	88
3 ^e	74
4 ^e	62
5 ^e	53
6 ^e	46
7 ^e	41
8 ^e	38
9 ^e	36
10 ^e	30
TOTAL.	580

La première partie de sa course de un pied et demi, fut parcourue uniformément dans deux tours de la roue.

On conçoit que, malgré tous les soins et toute la sagacité de l'observateur, ces résultats peuvent être affectés de quelques erreurs; et nous ne croyons pas nous écarter des limites présumables de ces erreurs, en substituant aux résultats des observations de M. *Sureda* les suivans :

	lignes.
Pendant le 1 ^{er} . tour de la roue.	106
2 ^e	90
3 ^e	76
4 ^e	64
5 ^e	54
6 ^e	46
7 ^e	40

Pendant le 8°. tour de la roue	36
9°.	34
10°.	34
	<hr/>
TOTAL.	580

Dans ce cas, les différences secondes sont constantes et égales à 2.

On divisera (fig. N) la ligne ca en neuf parties égales, on élèvera les perpendiculaires y^{ix} , y^{viii} , . . . y^i , y^o , qui soient entre elles dans le rapport des nombres de la dernière série, et on fera passer par les extrémités de ces lignes la courbe $bhn m$. Nommons y les ordonnées de cette courbe, x les abscises comptées de son sommet h , p la distance $cc' = c'e'' = \text{etc.}$, qui sépare les lignes y^{ix} , y^{viii} , . . . y^o , et a la distance hr du sommet de la courbe à la ligne ac .

L'équation très-connue $y^2 = p^2(x-a)$ dans laquelle $p = cc' = c'e'' = \text{etc.}$, et $a = y' - \frac{1}{2} = 34 - \frac{1}{2} = 33,75$; satisfera à toutes les observations, comme on peut se convaincre s'en substituant à la place, de x ses valeurs $y' - a$, $y'' - a$, etc., car on aura successivement $y = \frac{p}{2}$; $y = \frac{3}{2}p$, etc., etc.

Dans la pratique, on peut faire en sorte que la gorge spirale fasse douze tours, les deux premiers pour la première partie de la course du *chariot*, et les dix autres pour la seconde; le développement de cette gorge doit être égal à fg .

Si l'on suppose que la ligne ac (fig. N) est égal à la hauteur du tambour A , et que δ soit égale au rapport du diamètre à la circonférence, il faudra multiplier tous les termes de la dernière série 106, 90, 76, etc., par $\frac{\delta}{2}$, et on tracera la courbe $bhn m$, comme nous l'avons fait tout à l'heure; cette courbe sera la génératrice de la surface du tambour.

Le tambour A sera donc composé de deux parties, l'une aru a la forme d'un parabolôide qui modifie convenablement la marche du *chariot* pendant sa seconde période; et l'autre $brut$, celle d'un cylindre qui le conduit avec une vitesse uniforme pendant la première.

Le tambour *A* communique ou non avec la manivelle, par les moyens que nous avons déjà indiqués ; ainsi on peut faire rétrograder le *chariot* pour recommencer sans que la manivelle soit obligée à tourner en sens contraire.

§ XVIII.

Le mouvement rectiligne alternatif avec une vitesse uniforme, ou variable d'après une loi donnée, peut se changer en alternatif d'après une courbe donnée, avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

On le transformera d'abord en circulaire alternatif par le § XVII, et celui-là en alternatif, d'après une courbe donnée par le § X.

§ XIX.

Le mouvement circulaire alternatif avec une vitesse uniforme, ou variable d'après une loi donnée, peut être changé en circulaire alternatif, avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

(A 19.)

Tous les mouvemens du § VIII, et une partie de ceux du § IX, donnent la solution du problème.

(B 19.) *Planche 9.*

M. Camus (*Recueil des machines approuvées par l'Académie*, tom. II, n°. 136 et 137) décrit des machines qu'il a inventées pour faire aller à la fois plusieurs tamis.

Celle que représente la figure, se réduit à une grande table *ABCD* ; au-dessus de cette table se trouve une planche *EF*, soutenue par

deux axes de fer n, m , qui tournent sur deux supports du même métal, ces supports étant fixes à la table. Sur le prolongement d'un de ces deux axes n, m , ou sur une tige s qui se trouve sur la planche dans leur direction, on fixe le pendule RS ; et sur la planche EF , on place les tamis.

Le moteur fait osciller le pendule RS , et, par conséquent, communique aussi un mouvement alternatif circulaire à la planche EF ; ses bords frappent à chaque oscillation contre la table BC , et imitent les secousses que les ouvriers impriment aux tamis.

(C 19.)

La corde abc attachée en a au ressort B , tourne autour du cylindre A , et vient se fixer à l'extrémité c de la pédale D . Le mouvement circulaire alternatif de la pédale en communique un autre de même nature au cylindre A .

(D 19.)

Le mouvement circulaire alternatif de la pédale D en produit un circulaire continu dans le volant M , et un autre circulaire alternatif dans le cylindre A .

(E 19.)

Tenaille de la machine à receper.

Cette tenaille est composée de deux pièces de fer $abcd, efgh$, qui tournent autour de l'axe i ; les extrémités ab et ef de ces deux pièces sont taillées en forme demi-circulaire; leur partie intérieure est garnie de pointes, afin qu'elle s'attache mieux contre le pieu qu'on veut receper, et leur ensemble forme le bec de la tenaille. Les autres extrémités bcd et fgh de ces mêmes pièces de fer, se terminent en deux portions d'arc de cercle dc et gh ; la première garnie de dents dans sa partie convexe; et la seconde, dans sa partie concave. A la moitié de l'intervalle qui sépare les deux arcs de cercle dc et gh , s'élève perpendiculairement au plan de la tenaille un axe C ; cet axe porte deux

pignons n et m qui engrènent, le premier avec les dents de l'arc dc , et le second avec les dents de l'arc gh .

Le mouvement circulaire alternatif de l'axe C ouvrira ou fermera à volonté le bec de la tenaille.

(F 19.) *Planche 10.*

Une longue barre ou madrier AB , est traversée dans son milieu par un axe qui se trouve à l'extrémité supérieure du pied-droit CD . Le mouvement circulaire alternatif communiqué à l'une des extrémités de la barre AB , par l'action d'une personne qui se trouve assise dans ce point, et qui tend alternativement, tantôt à s'élever en s'élançant avec force au-dessus du pavé sur lequel ses pieds sont appuyés, tantôt à descendre par son propre poids, communique ce même mouvement à une autre personne assise à l'extrémité opposée, et qui tend, par les mêmes moyens, à augmenter l'étendue des oscillations de la barre. Tel est le jeu connu généralement sous la dénomination de *bascule* ou de *casse-cou*.

§ XX.

Le mouvement circulaire alternatif avec une vitesse uniforme ou variable d'après une loi donnée, peut être transformé en alternatif d'après une courbe donnée, avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

(A 20.)

Tous les mouvemens du § X donnent la solution de ce problème.

(B 20.)

Tout pour faire sans arbre toutes sortes de vis, proposé par M. Grandjean, de l'Académie royale des sciences. (*Machines approuvées par l'Académie*, tom. V, année 1729, n°. 336.)

« Ce tour est composé, comme les tours ordinaires, d'un établi AB

» et de deux poupées P, Q : ces poupées ont, au lieu de pointes, deux
 » collets S, T pour recevoir l'arbre FH , terminé en pointe par ses deux
 » extrémités ; cet arbre porte la pièce R que l'on veut tourner, et la
 » poulie G qui reçoit la corde GO attachée à la marche O . La poupée
 » Q porte un support de fer I , auquel est attaché en I une équerre de
 » fer HIK , dont une extrémité s'appuie sur la pointe H de l'arbre,
 » qu'elle tend par conséquent à pousser de H vers F . La pointe F est
 » appuyée sur une pièce E , mobile sur un axe D , à l'extrémité D
 » duquel est montée sur un carré la pièce DC , dans la rainure de
 » laquelle coule une boîte N à laquelle est attachée la corde NO , qui
 » va se rendre à la marche O .

» Cela posé, il est évident qu'en appuyant le pied sur la marche,
 » on fera non-seulement tourner l'arbre FH , mais encore baisser la
 » pièce DC , ce qui ne peut se faire que l'arbre n'avance de F vers H
 » d'une quantité qui sera toujours réciproquement proportionnelle aux
 » distances DN de la boîte N au centre D de mouvement ; et comme
 » la pièce N est mobile, on pourra la placer partout où on le jugera à
 » propos : d'où il suit que, pendant une révolution, l'axe avancera de
 » telle quantité qu'on voudra, et que par conséquent, présentant l'outil
 » en R , on taillera tel pas de vis qu'on voudra, comme on se l'était
 » proposé.

» Si l'on voulait tourner une hélice dont les pas allassent toujours
 » en se resserrant, on le pourrait aisément par le moyen de cette ma-
 » chine. Pour cela, il ne faut qu'ôter la pièce DC , et lui en substi-
 » tuer une $DN C$ (fig. 2) dont la circonférence NVC , dans la rai-
 » nure de laquelle passe la corde attachée en N , soit une courbe dont
 » les rayons DN, DV, DC vont en augmentant de la même ma-
 » nière que l'on veut que les pas de l'hélice diminuent ; pour lors, cha-
 » que point C, V, N de la courbe fera successivement l'office d'une
 » différente longueur de DN (fig. 1), ce qui ne se peut, à moins que
 » l'arbre ne recule inégalement vers H , et que, par conséquent, les
 » pas de l'hélice ne soient inégalement serrés dans la portion des
 » rayons DC, DV, DN ; ce qui était proposé. »

(C 20.)

M. Clairault est l'auteur d'un Mémoire imprimé parmi ceux de l'Académie, en 1734, où il se propose la solution de plusieurs problèmes.

L'un d'eux a pour objet de trouver les courbes MON , autour desquelles si l'on fait glisser l'équerre MCN , son sommet C soit toujours dans la courbe donnée EC .

On peut donner à l'équerre le mouvement que demande ce problème, par un mouvement circulaire alternatif, qu'on transformera, par la solution même du problème, en alternatif d'après la courbe donnée EC .

(D 20.)

AA sont deux montans ou pieds-droits qui s'élèvent perpendiculairement sur le madrier B ; le chapeau CC lie les extrémités supérieures de ces deux montans; ces quatre pièces forment un châssis dont la position verticale est assurée par les autres pièces D et E .

G est un treuil garni d'une roue dentée H ; I est un pignon qui engrène avec la roue H ; l'axe du pignon porte une manivelle à l'extrémité de laquelle est appliqué le moteur.

$abcd$ est un chariot qui glisse du haut en bas entre les deux montans AA ; deux cordes e, e , fixes à la traverse supérieure du chariot, passent par deux poulies, qui se trouvent attachées au chapeau C , et viennent se rouler sur le treuil G ; une autre corde f est attachée au milieu de la traverse inférieure du chariot, passe par une poulie fixe au madrier B ; et va se rouler sur le treuil, en sens contraire des deux précédentes.

Le chariot $abcd$ porte un cylindre de fer gh ; l'extrémité g de ce cylindre repose sur une crapaudine aussi de fer, qui se trouve au milieu de la surface supérieure de la traverse inférieure du chariot, passe par un orifice fait au milieu de la traverse supérieure, et se termine en h par une tarière ou bien par un autre outil quelconque. Le cylindre de fer gh est garni d'une poulie m vers le milieu de la distance qui sépare les deux traverses du chariot.

Une corde $n o p q$, fixe au chapeau C en n , passe par la poulie o qui se trouve vers le milieu d'un des côtés verticaux du chariot, s'enveloppe sur la poulie m , autour de laquelle elle fait un tour entier, passe ensuite par une poulie p qui se trouve en face de la poulie o dans le côté opposé du chariot, ou bien qui s'élève de la traverse inférieure à la hauteur convenable, et se termine en q , où elle soutient un poids N qui sert à tenir cette corde dans un degré de tension constant.

Si le moteur agit par un mouvement circulaire alternatif, ce mouvement sera transformé en rectiligne alternatif, par le moyen déjà indiqué (B 17). Le cylindre de fer gh participera de ce mouvement rectiligne alternatif du chariot $abcd$, et en même temps aura un mouvement circulaire alternatif, produit par la tension constante de la corde $o n p q$. La combinaison de ces deux mouvemens fera parcourir à l'outil une spirale, comme dans le mouvement (K 10).

Tel est le mécanisme dans la fabrique royale d'armes de Versailles, pour carabiner en vis les canons des armes à feu.

§ XXI.

Le mouvement alternatif d'après une courbe donnée, avec une vitesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée, peut être changé en un mouvement alternatif d'après une autre courbe donnée, avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

On transformera le mouvement alternatif donné en circulaire continu, par les moyens indiqués § X, et celui-ci en alternatif, d'après une autre courbe donnée par le même paragraphe.

Les mouvemens qui peuvent satisfaire au problème du § XIV, satisferont aussi au problème qui précède.

FIN.

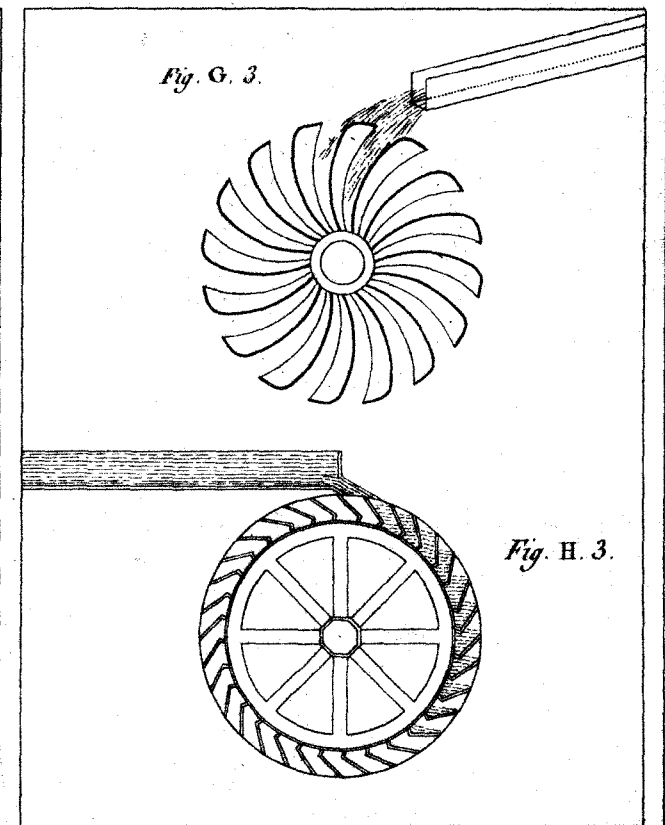
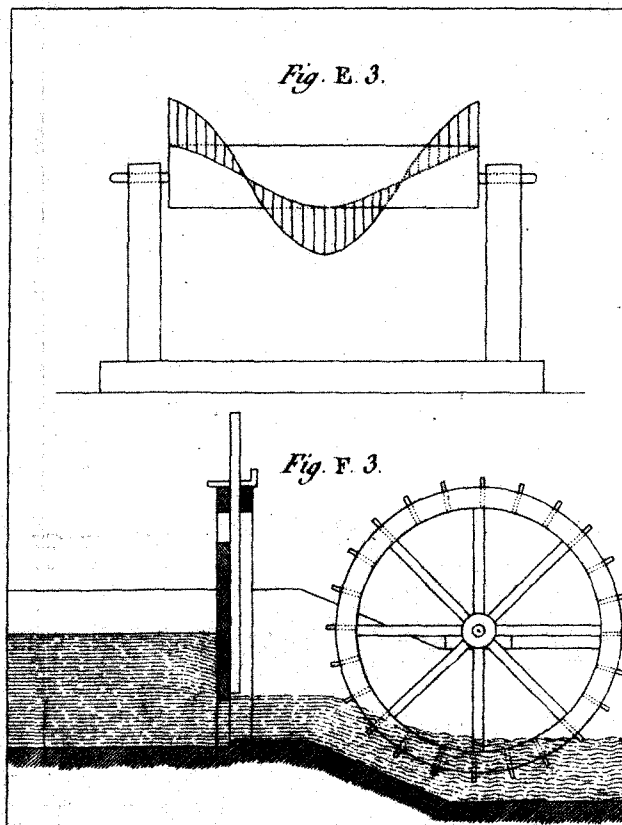
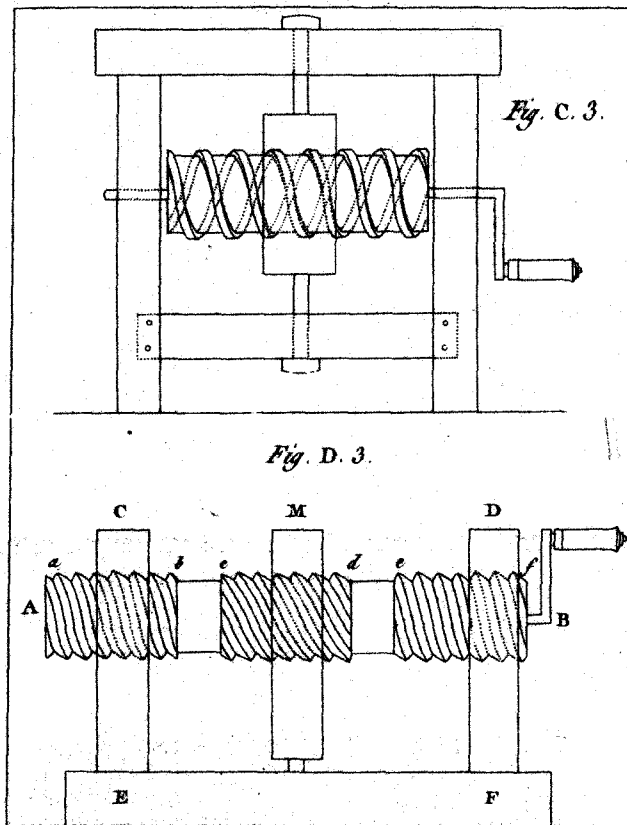
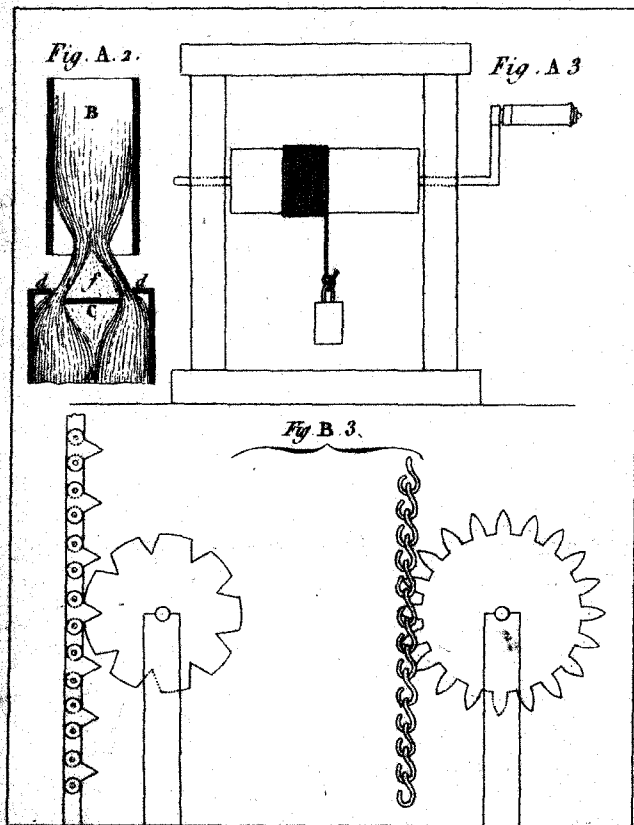
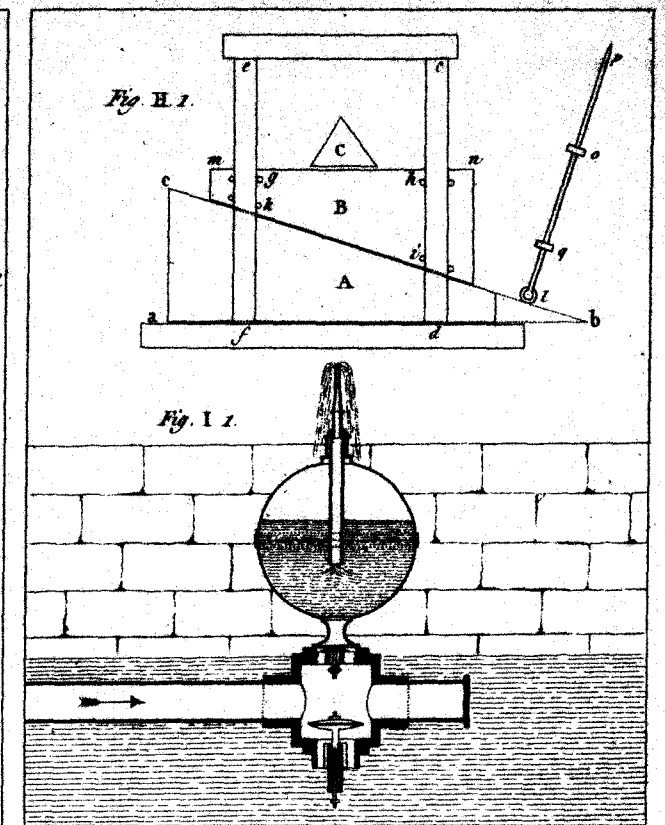
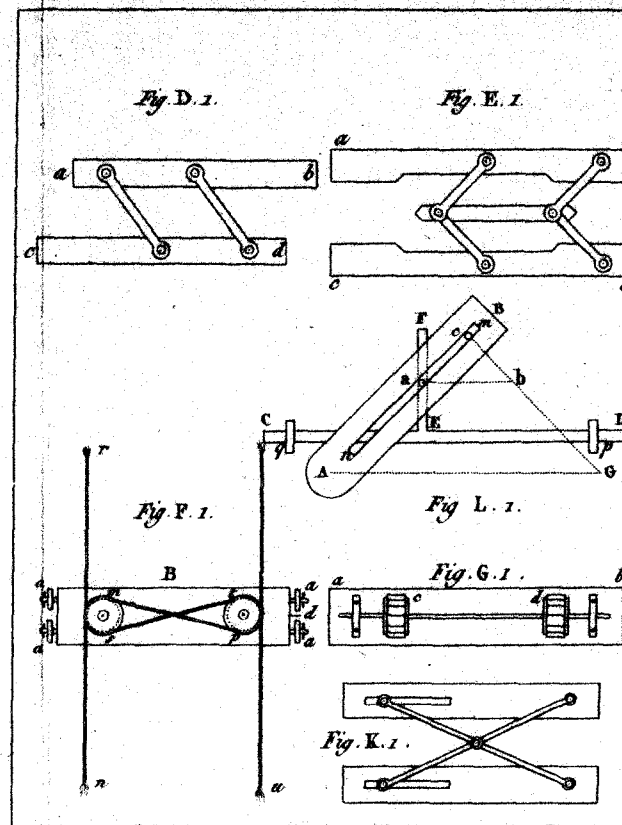
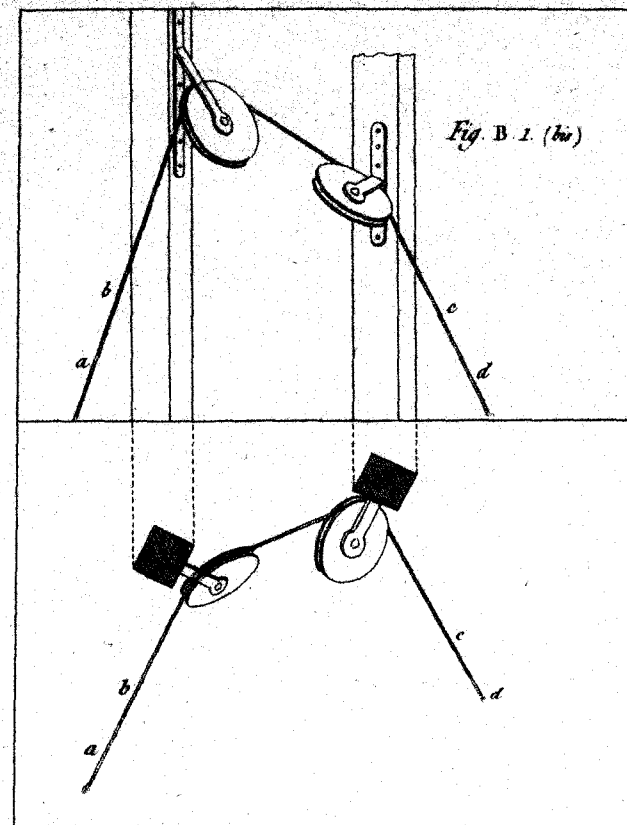
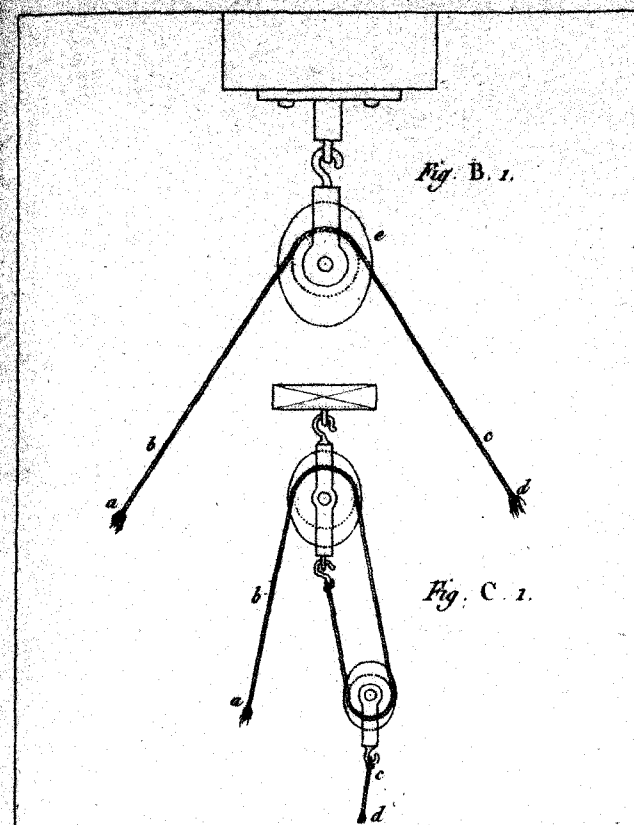


Fig. I. 3.

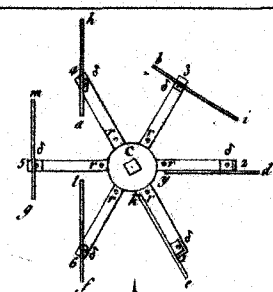


Fig. K. 3.

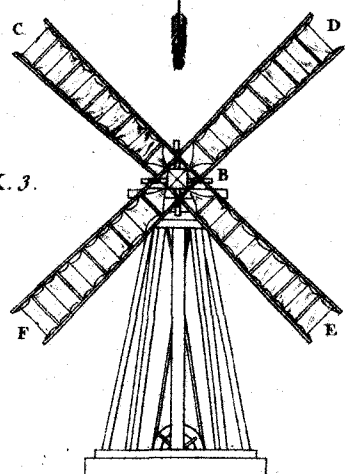


Fig. L. 3.

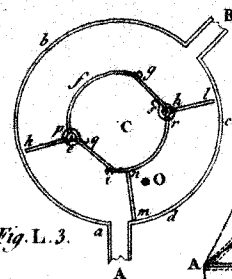


Fig. M. 3.

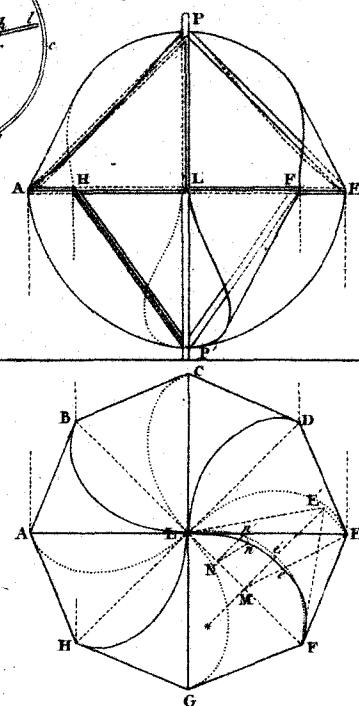


Fig. B. 4.

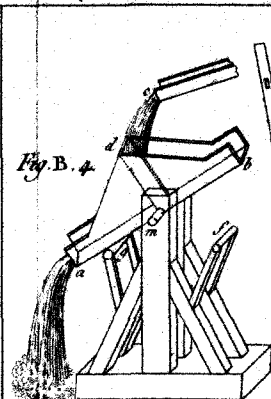


Fig. D. 4.

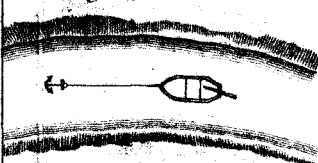


Fig. C. 4.

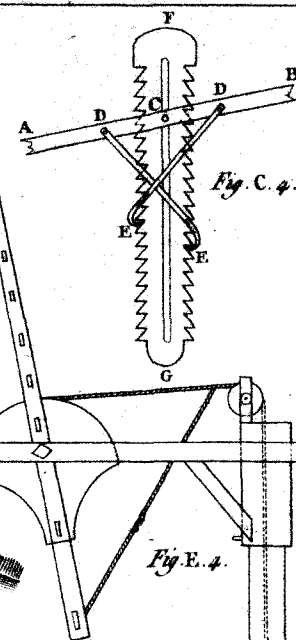


Fig. E. 4.

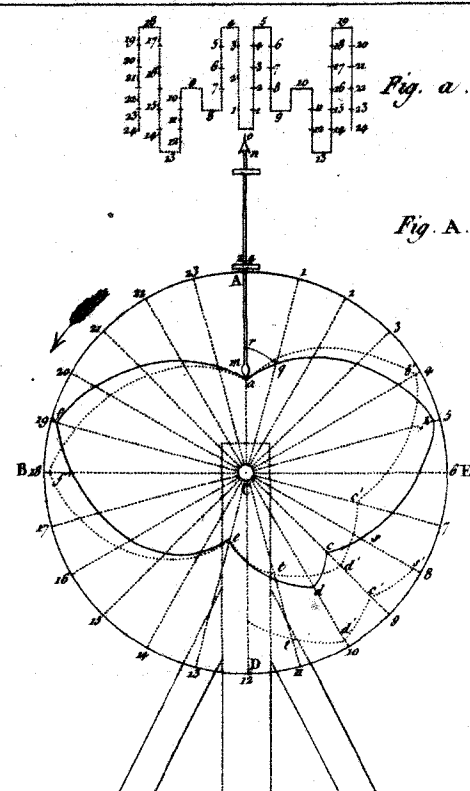


Fig. B. 7.

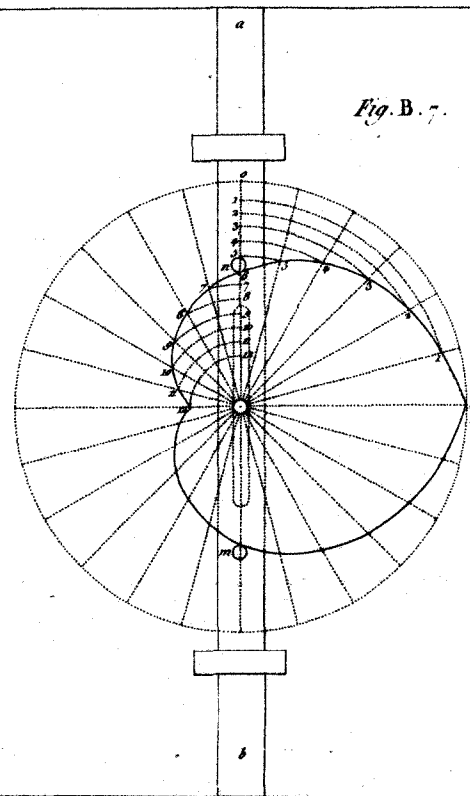


Fig. C. 7.

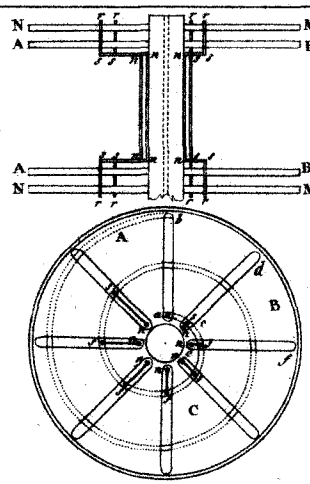


Fig. D. 7.

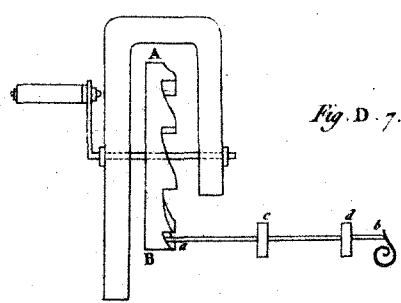


Fig. E. 7.

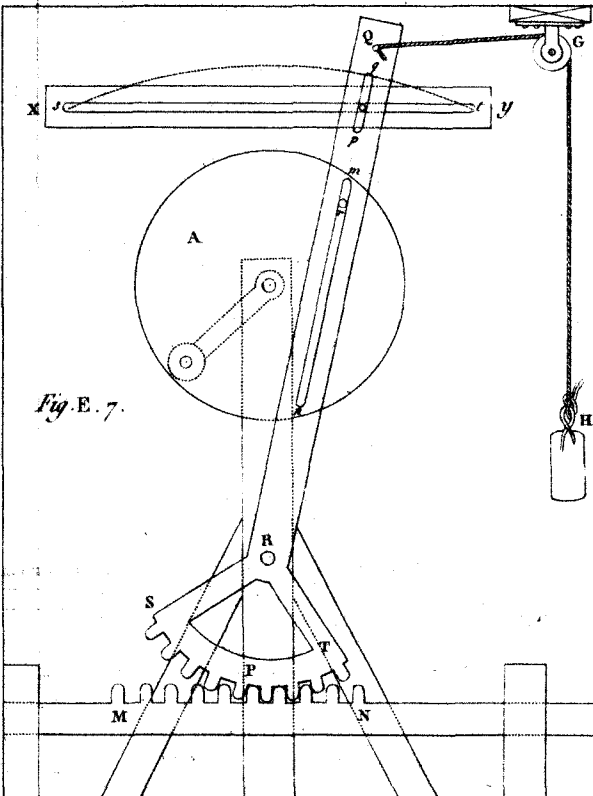
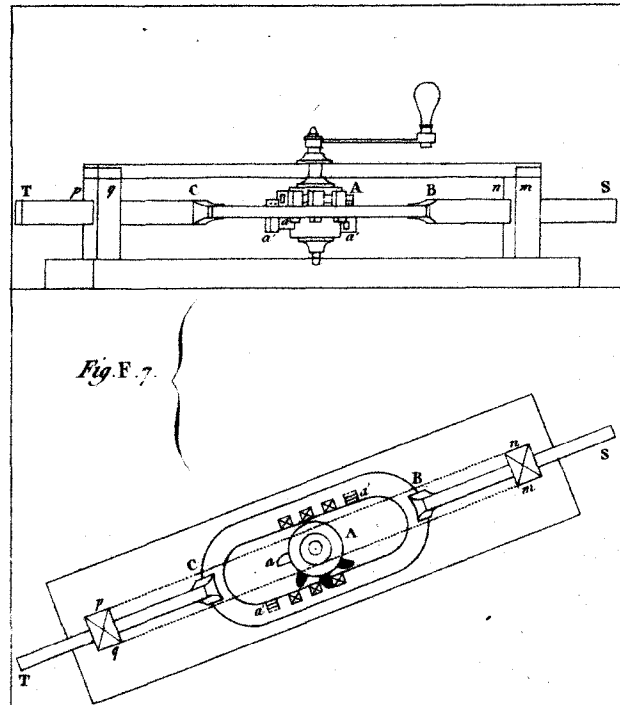


Fig. F. 7.



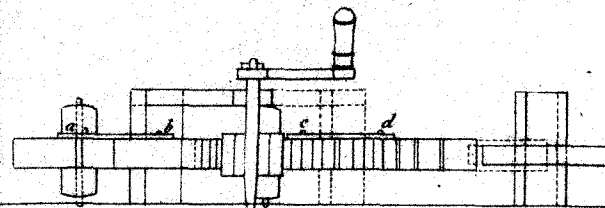


Fig. G 7.

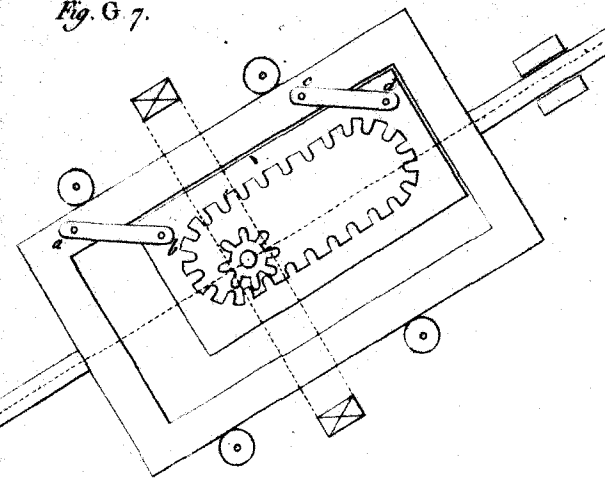


Fig. H 7.

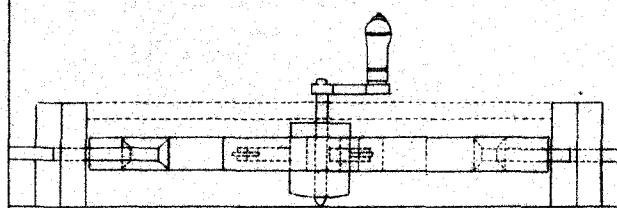


Fig. I 7.

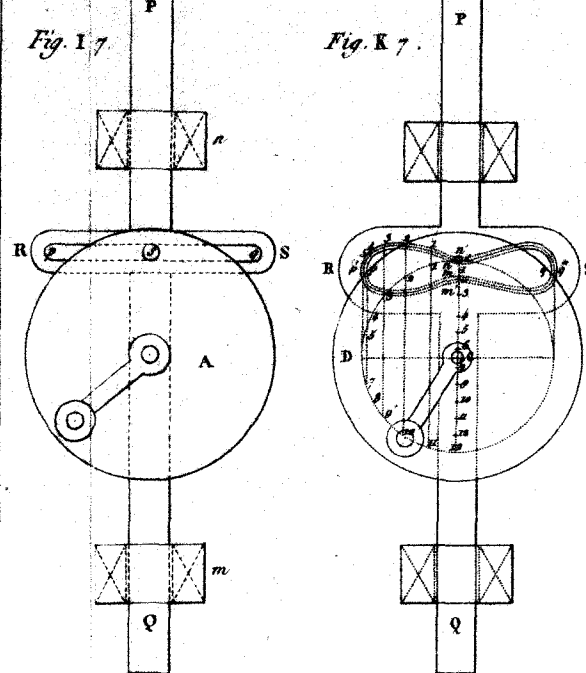


Fig. K 7.

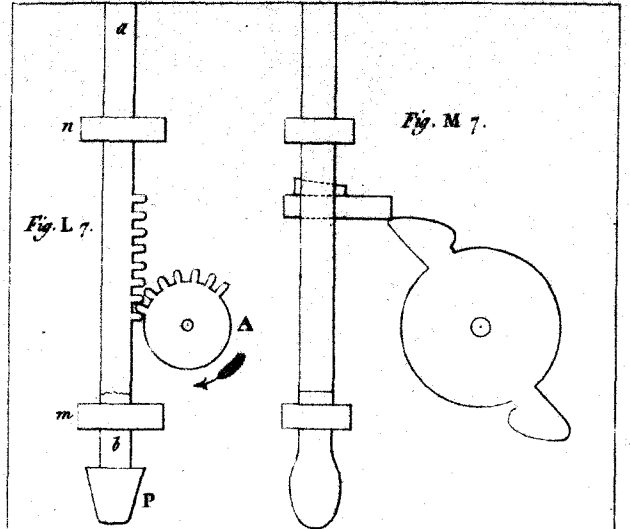


Fig. L 7.

Fig. M 7.

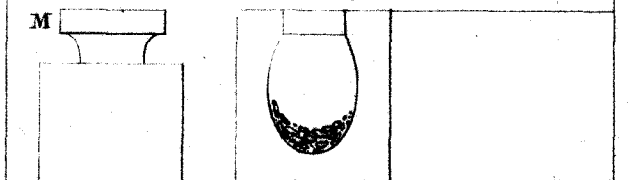


Fig. N 7.

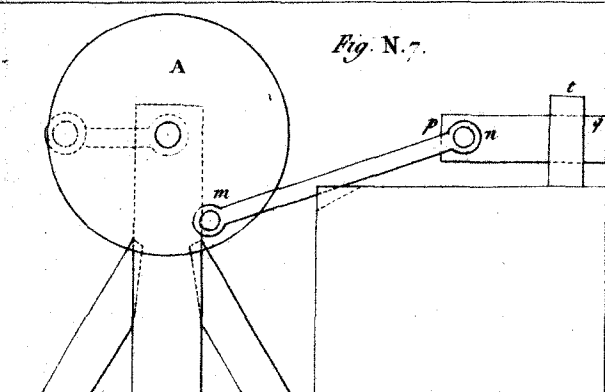


Fig. O 7.

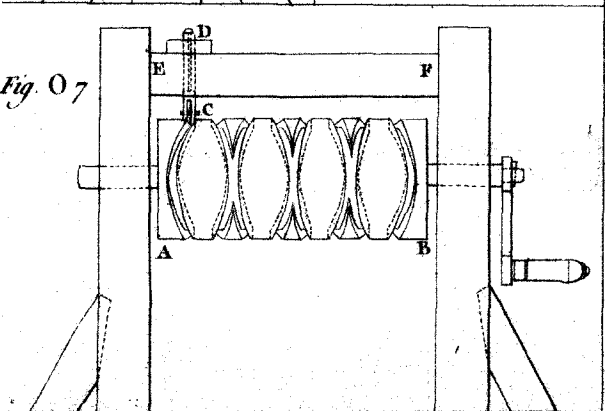


Fig. P 7.

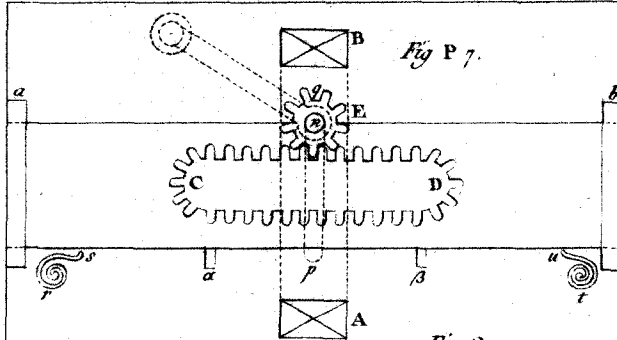


Fig. Q 7.

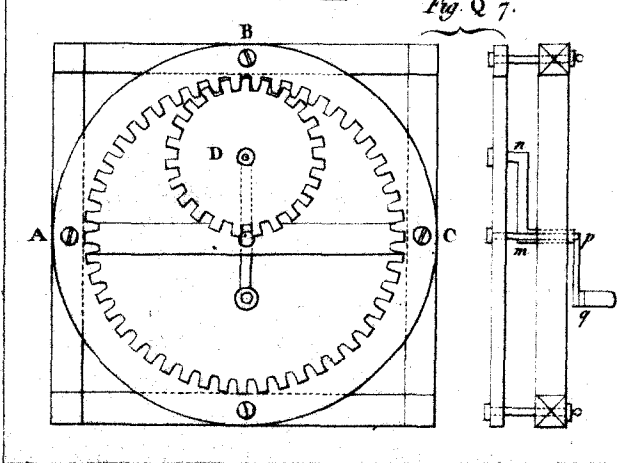


Fig. R 7.

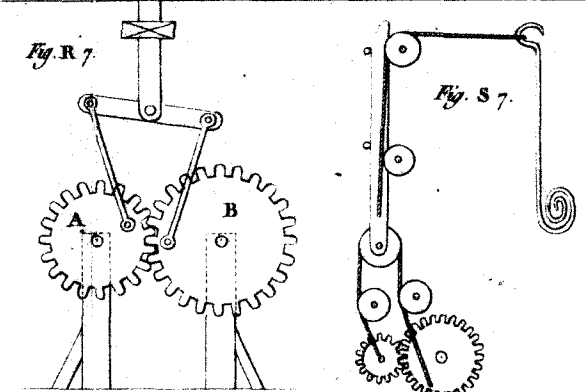


Fig. S 7.

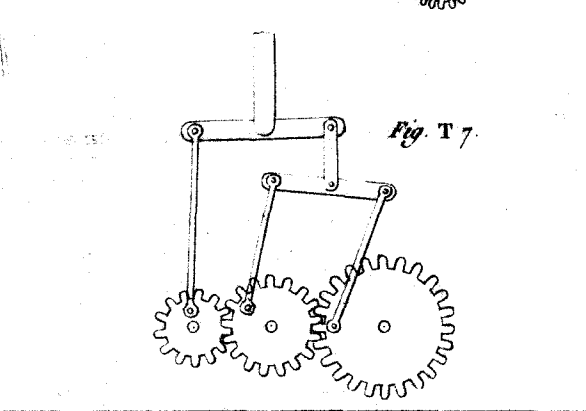


Fig. T 7.

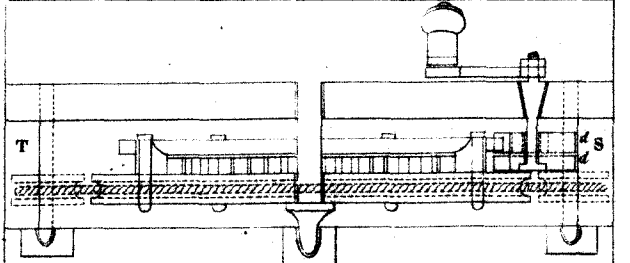


Fig. U 7.

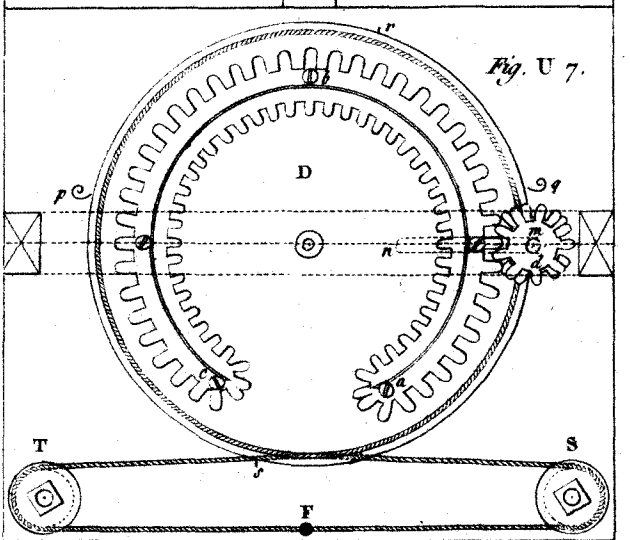


Fig. A 7'

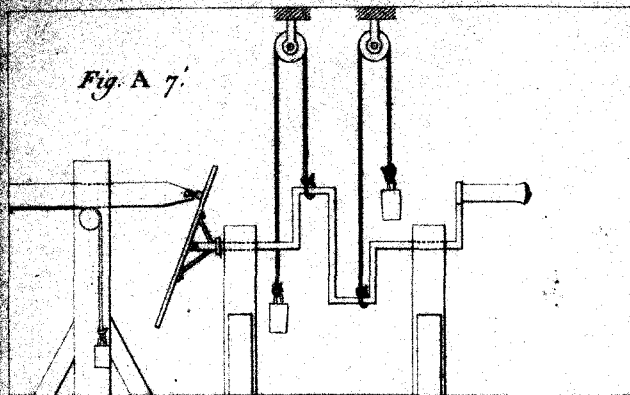


Fig. B 7'

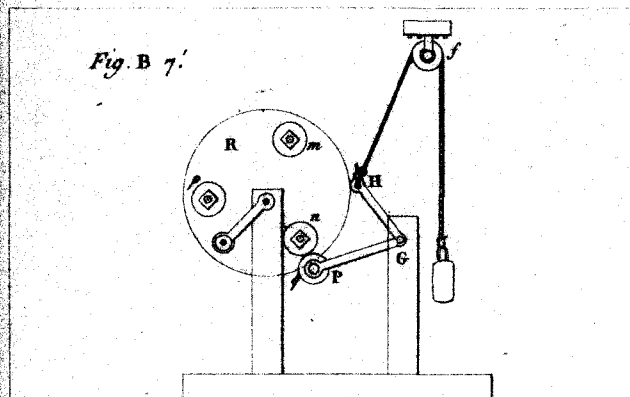


Fig. C 7'

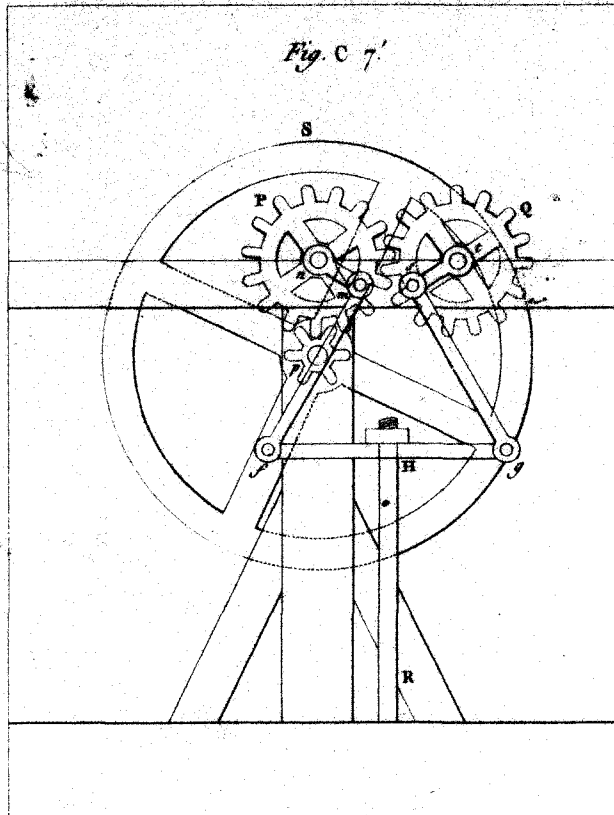


Fig. D 7'

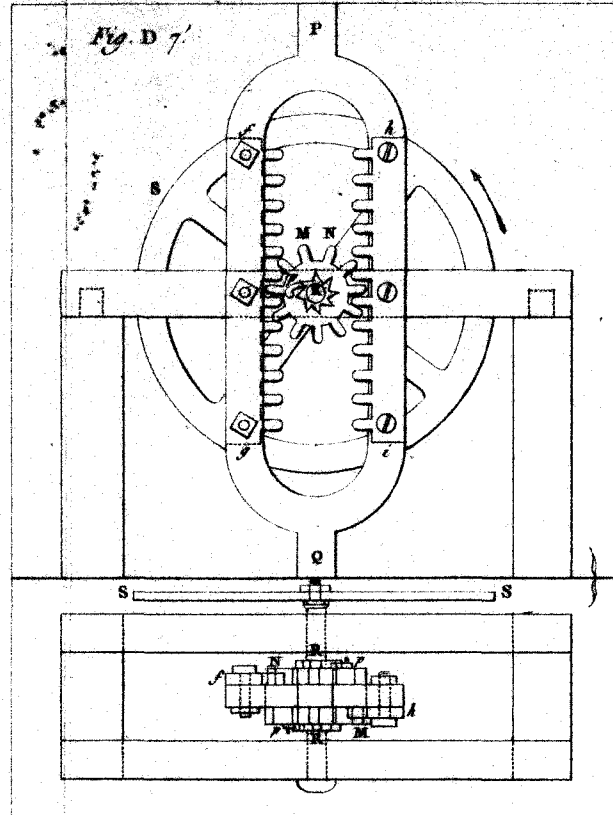


Fig. E 7'

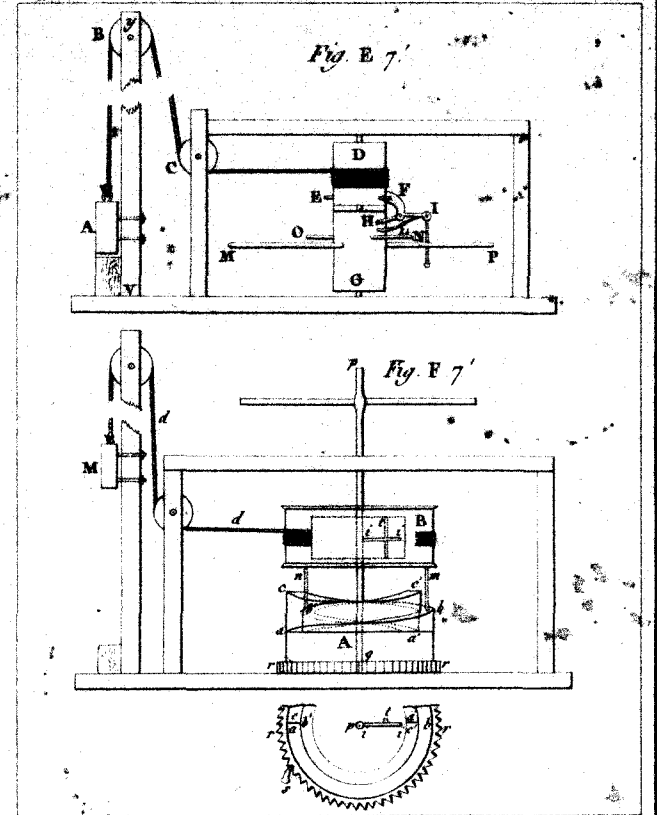


Fig. F 7'

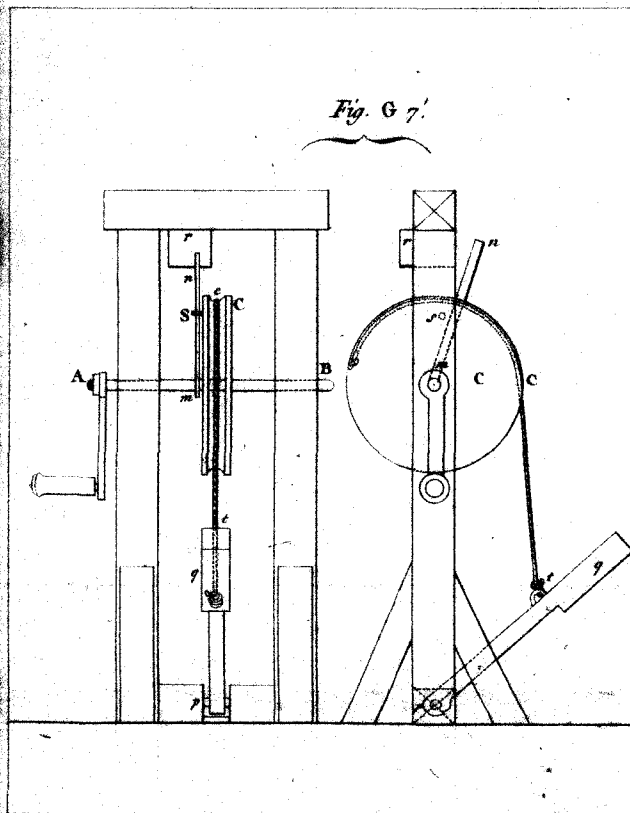


Fig. H 7'

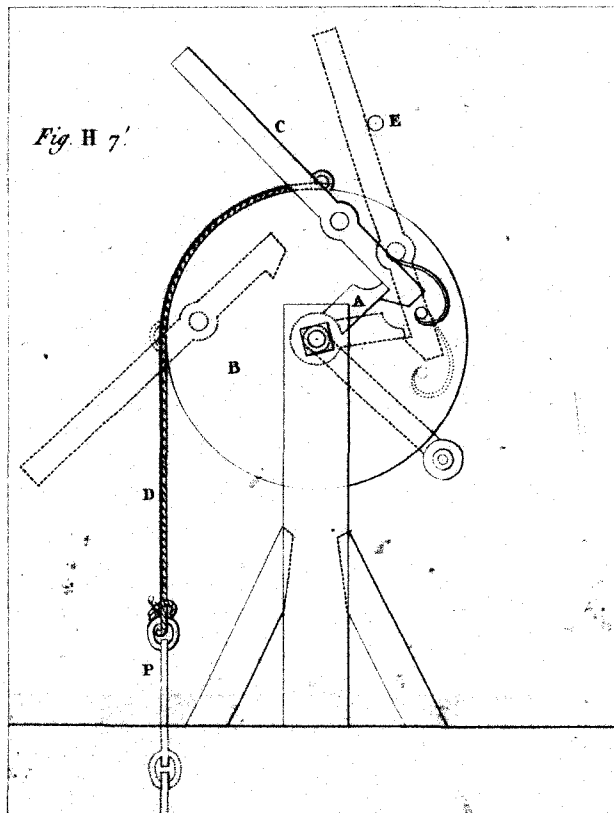


Fig. I 7'

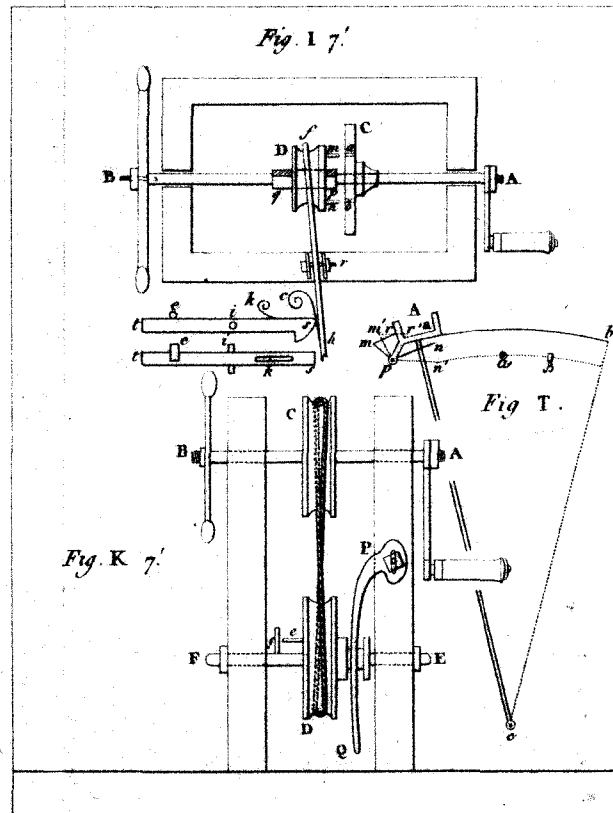
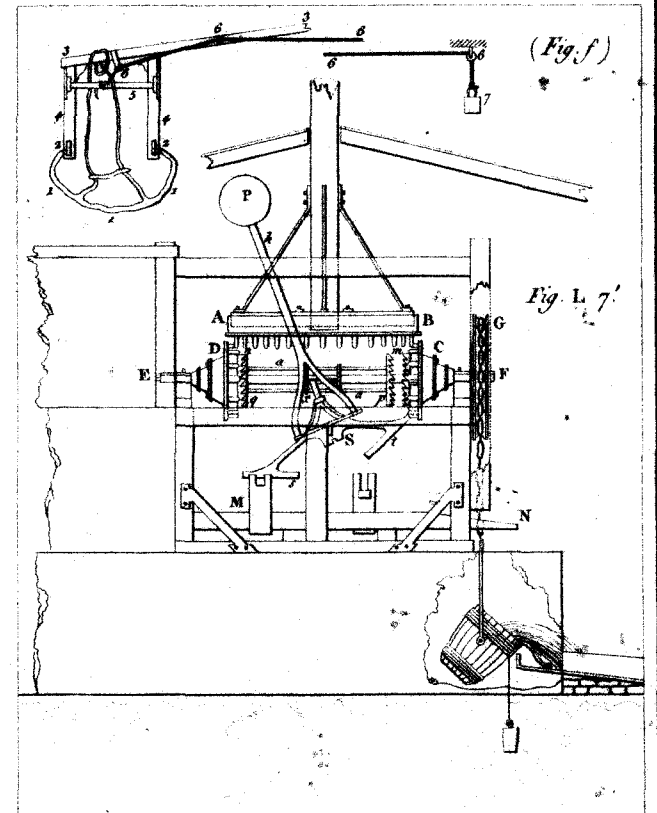
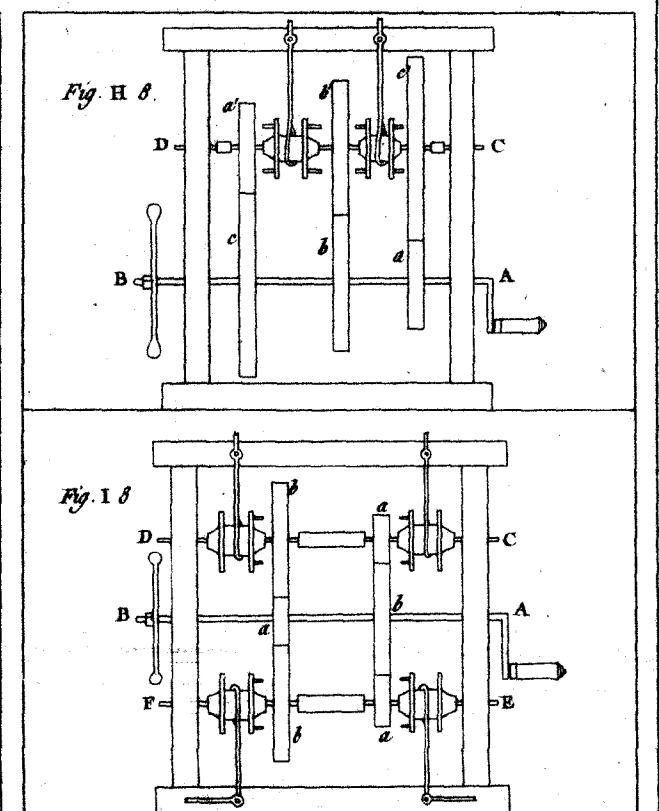
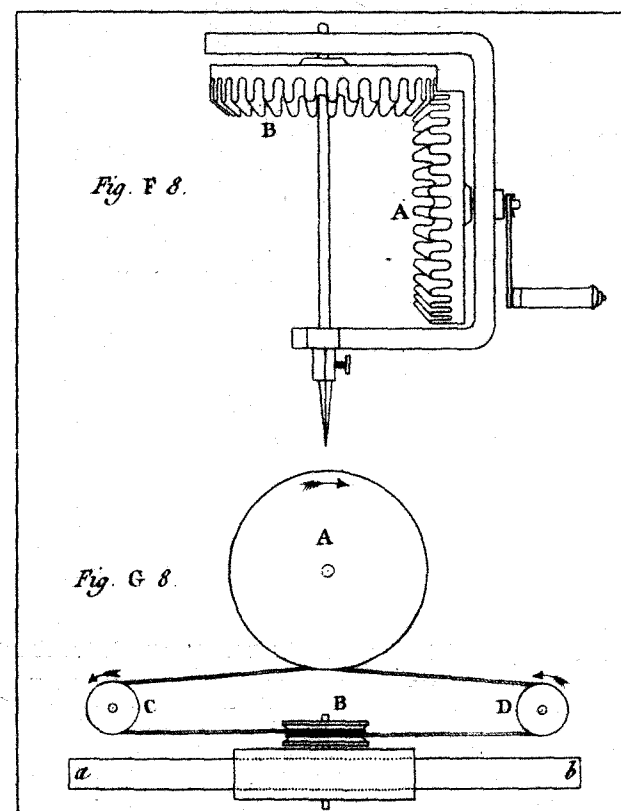
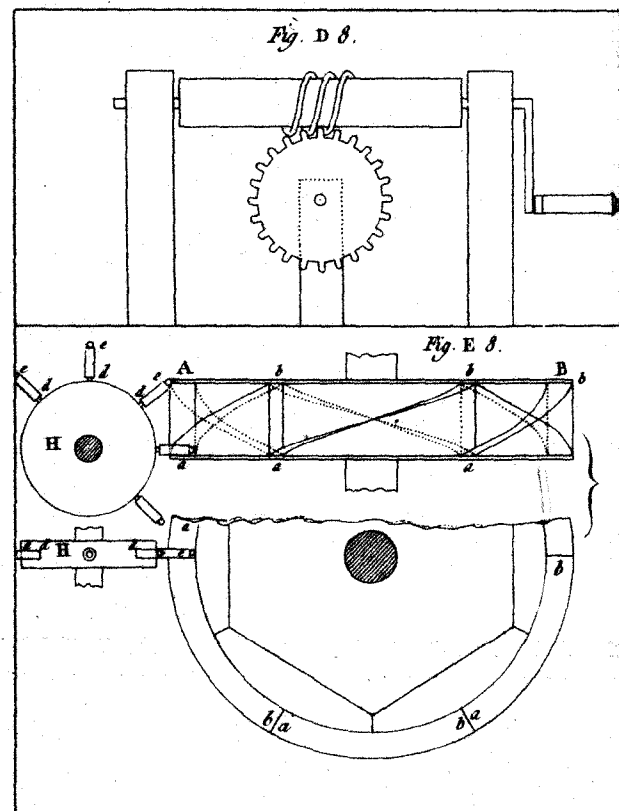
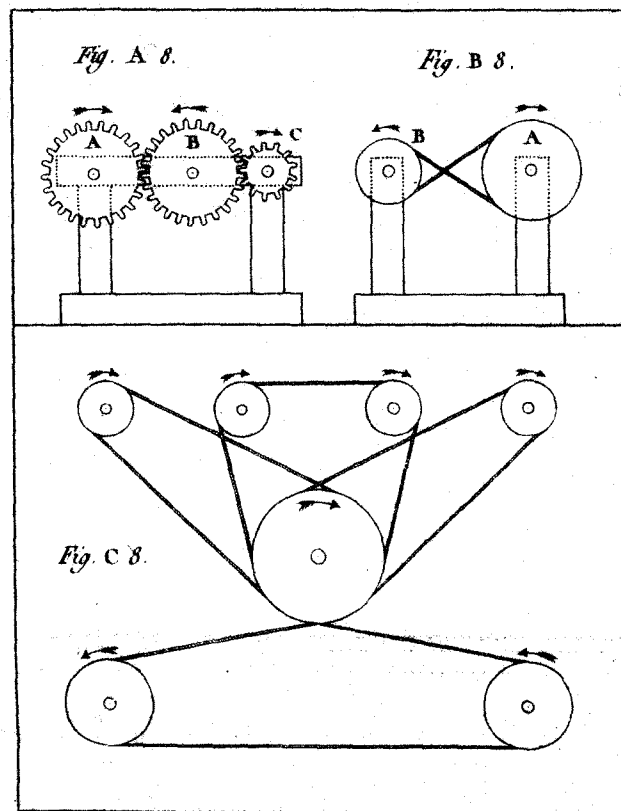
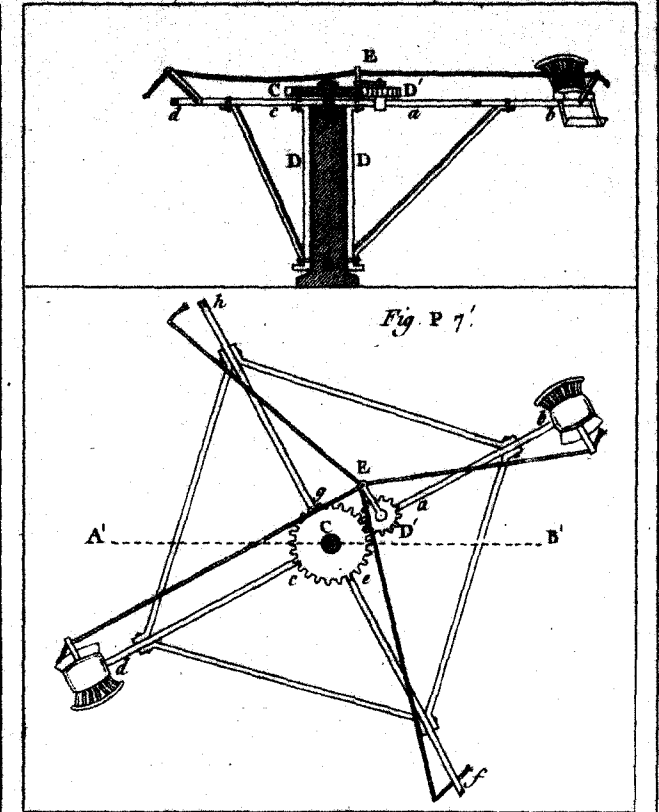
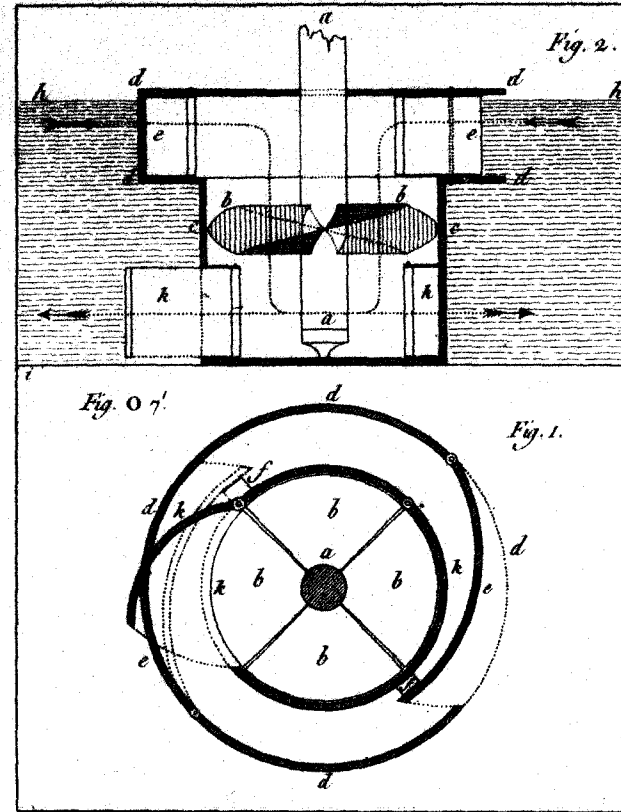
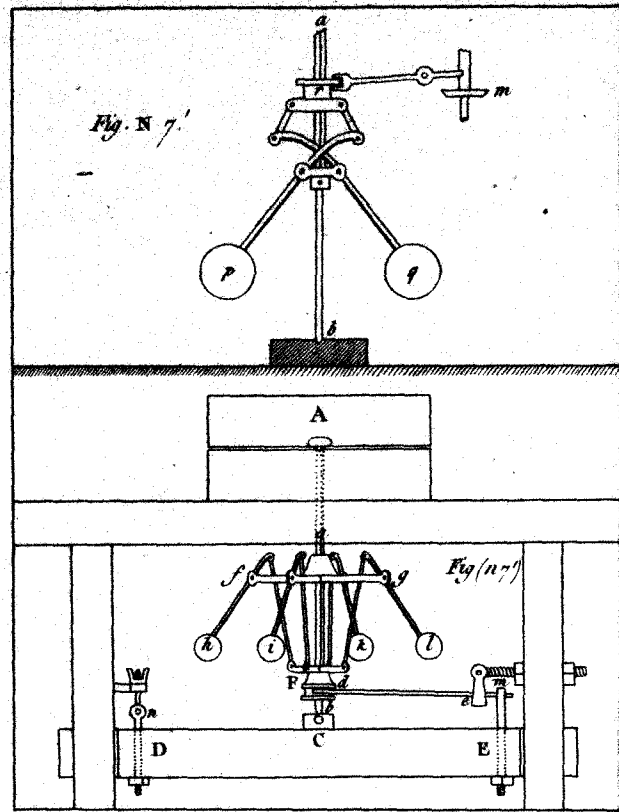
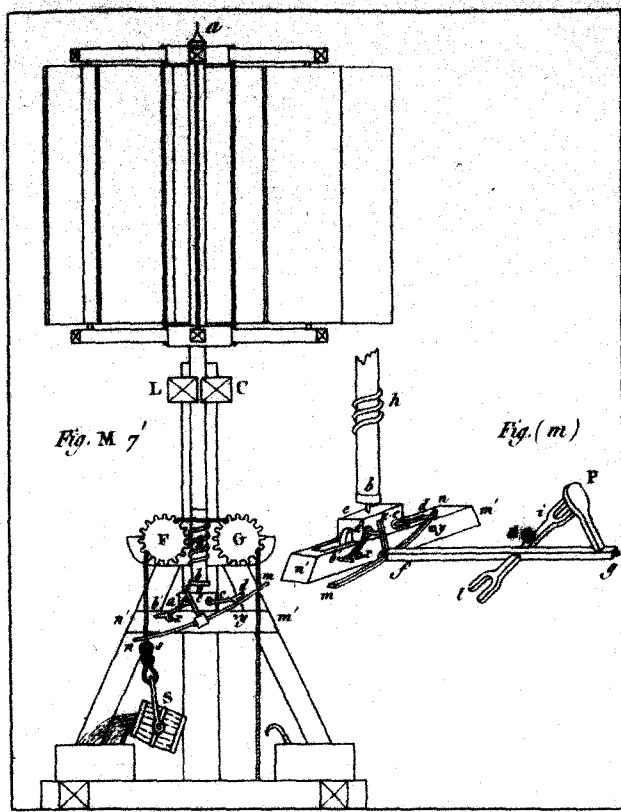
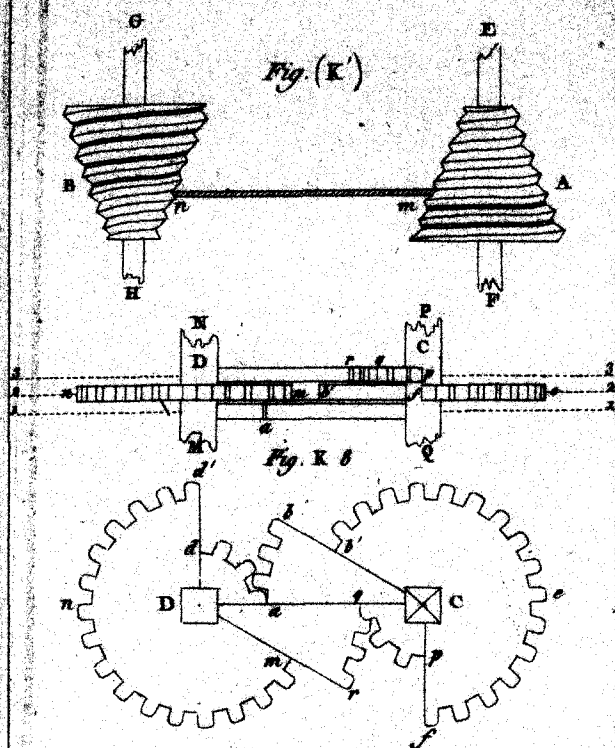


Fig. K 7'



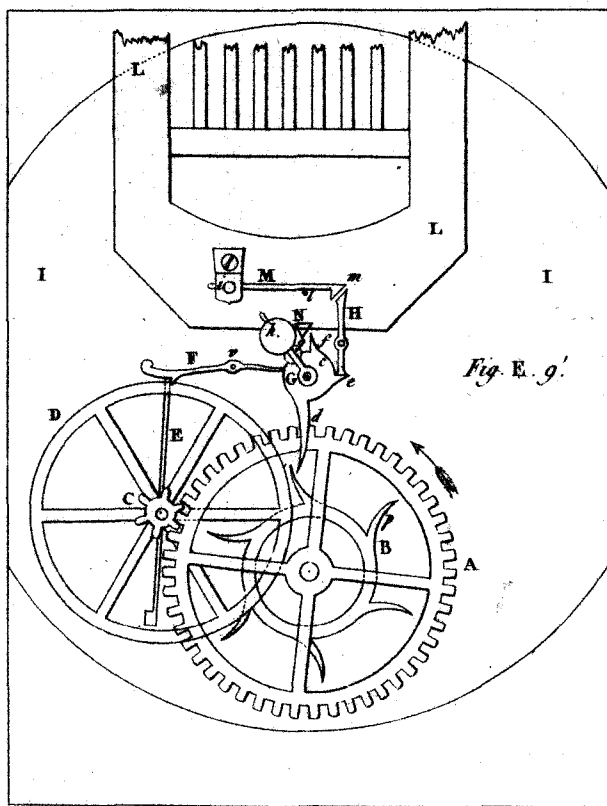
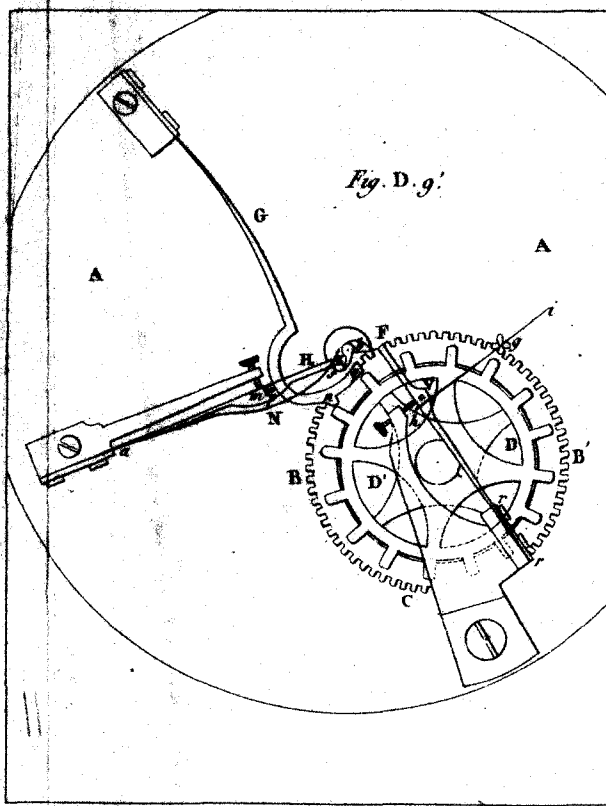
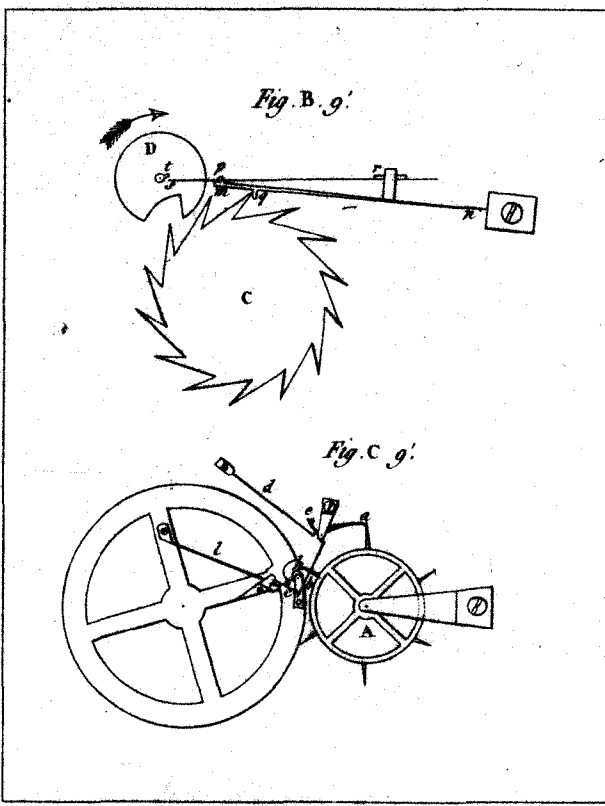
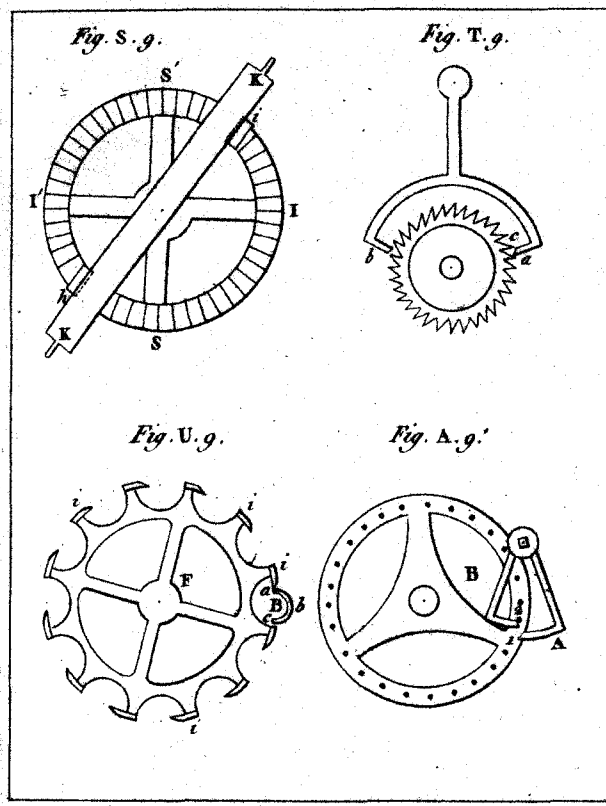
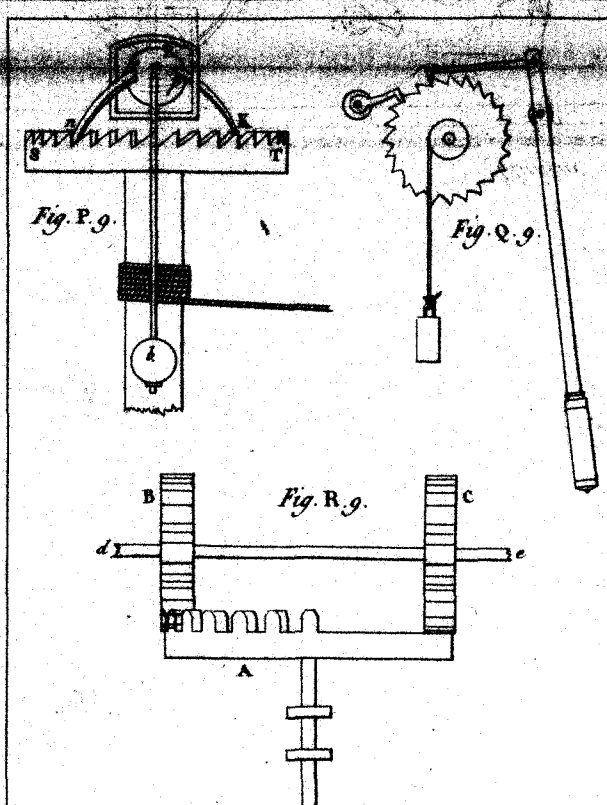
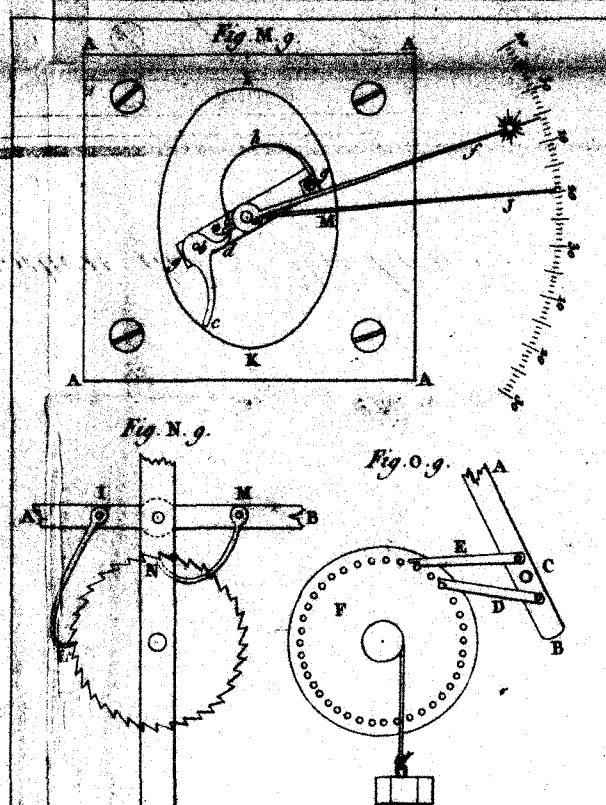
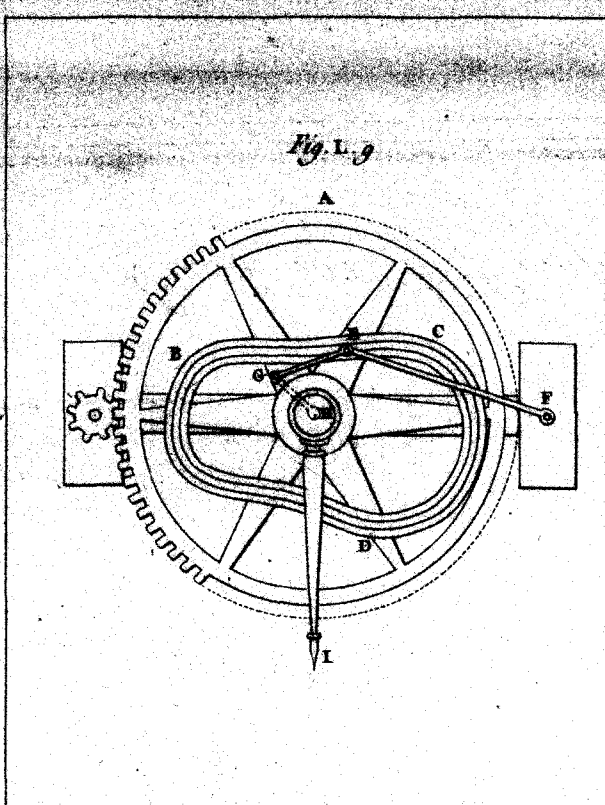
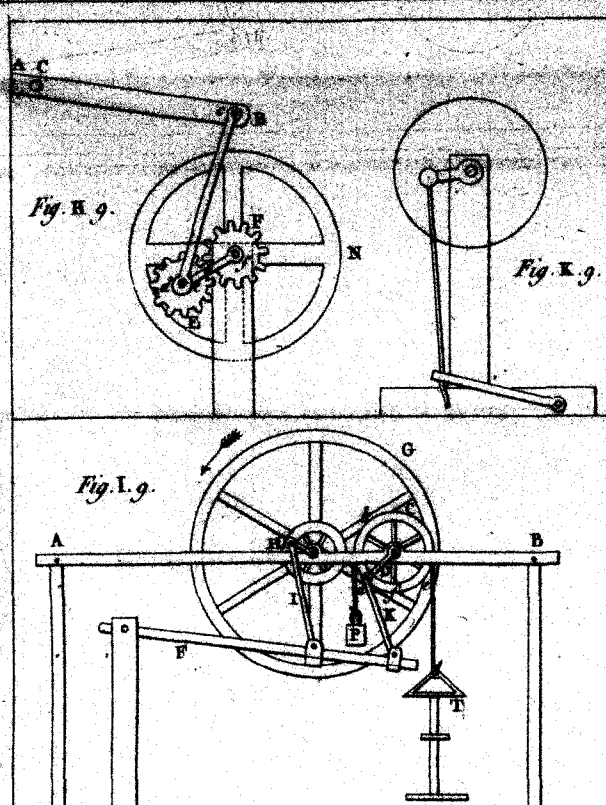
Δ
9
6.





Essai sur la Composition des Machines.

Planche N° 7



Gravé par Adam

Essai sur la Composition des Machines.

Planche N° 8.

Fig. A 10.

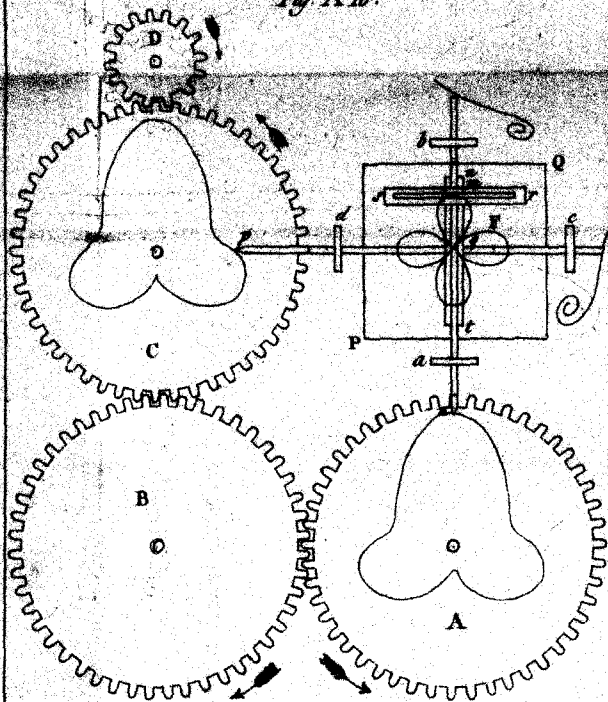


Fig. B 10.

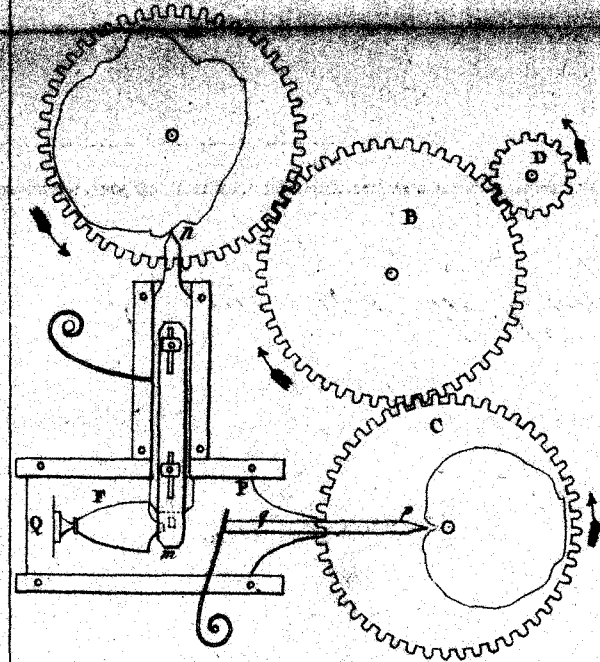


Fig. C 10.

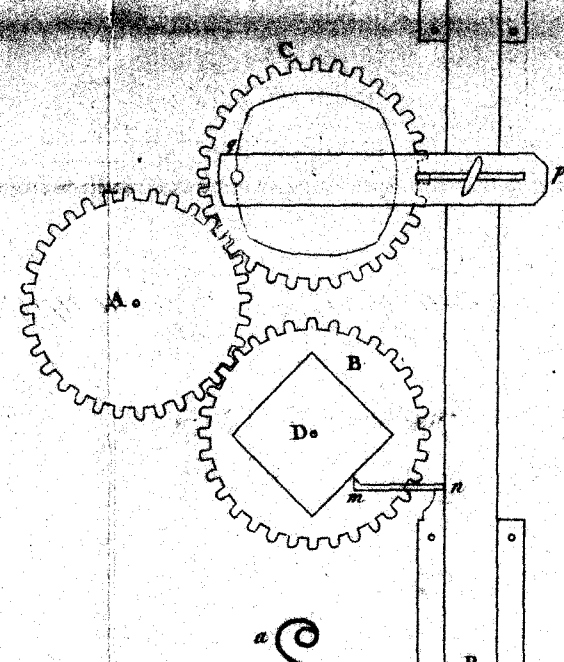


Fig. D 10.

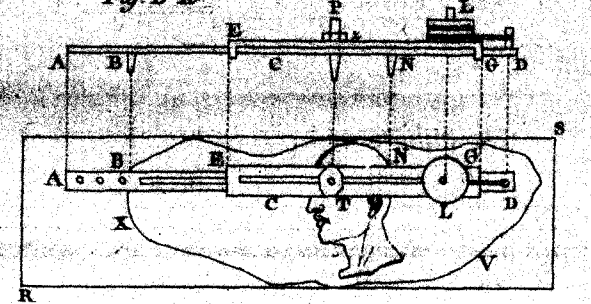


Fig. E 10.

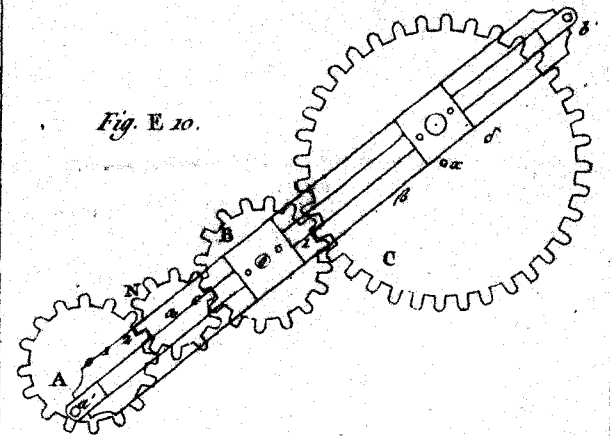


Fig. F 10.

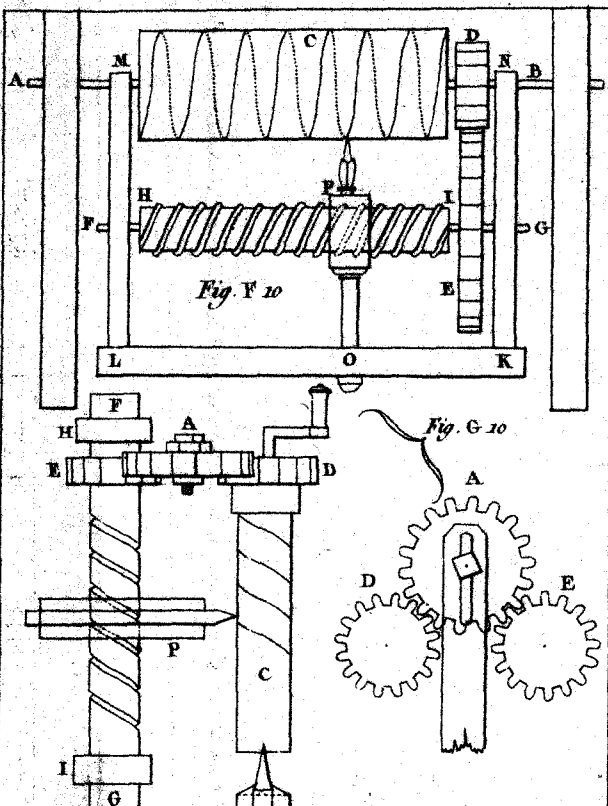


Fig. H 10.

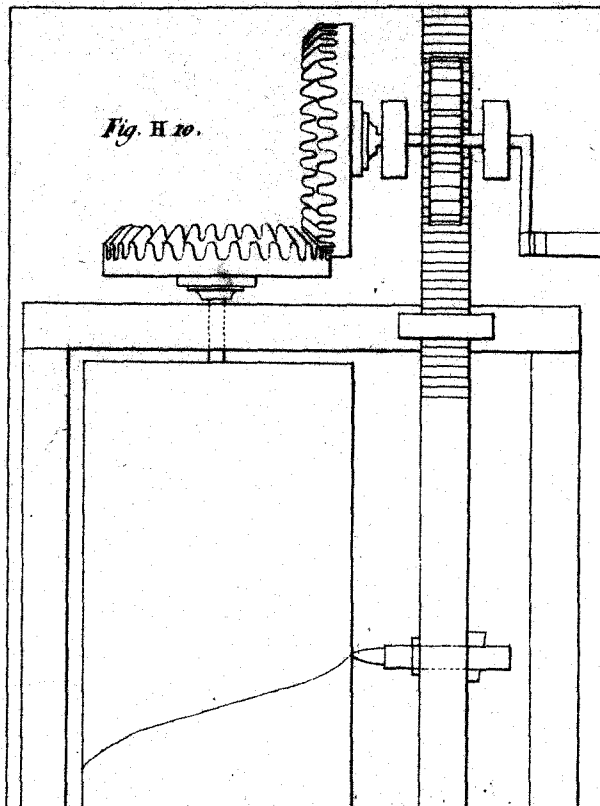


Fig. I 10.

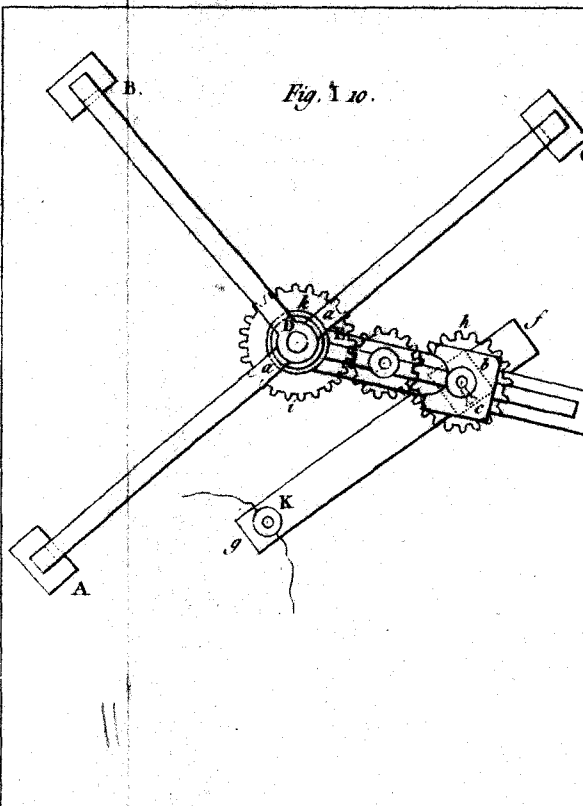


Fig. K 10.

Fig. L 10.

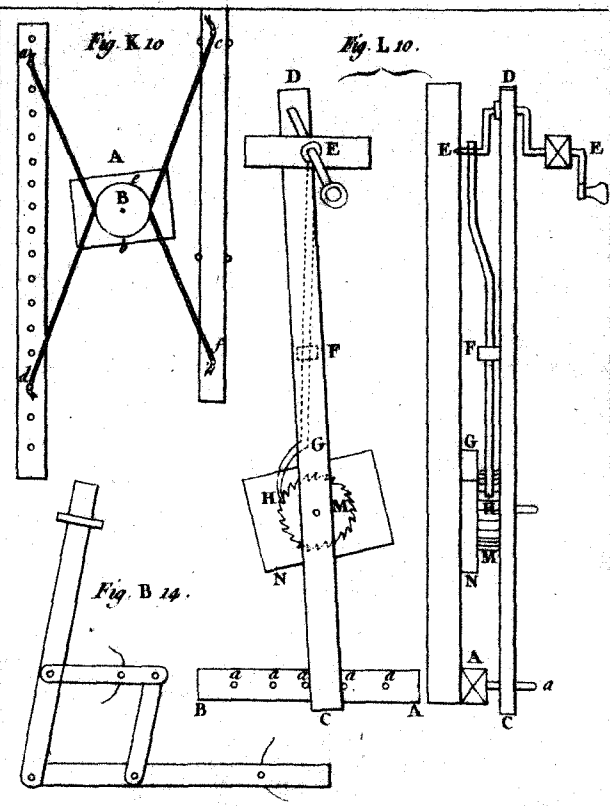


Fig. B 14.

Gravé par Adam.

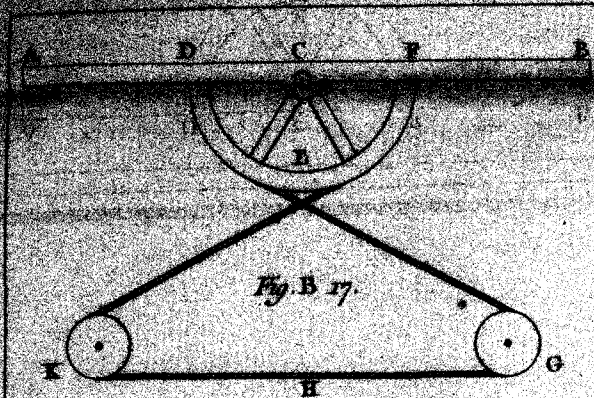


Fig. B 17.

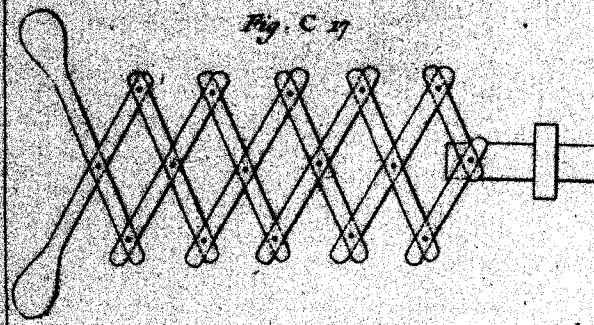


Fig. C 17.

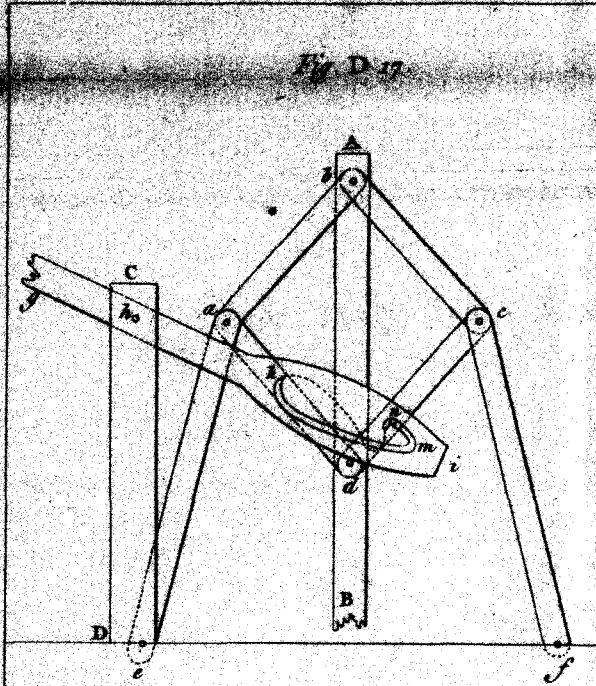


Fig. D 17.

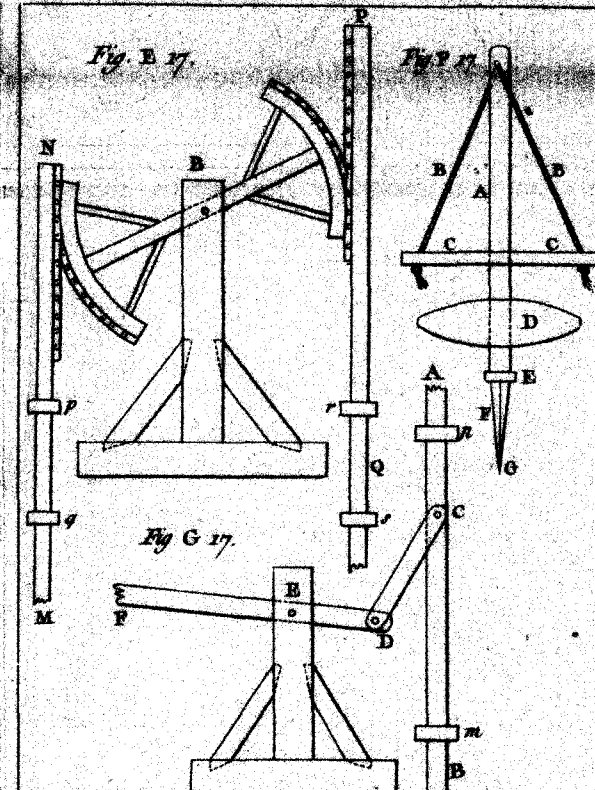


Fig. E 17.

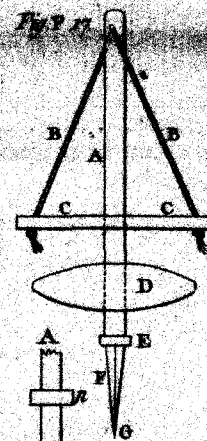


Fig. F 17.

Fig. G 17.

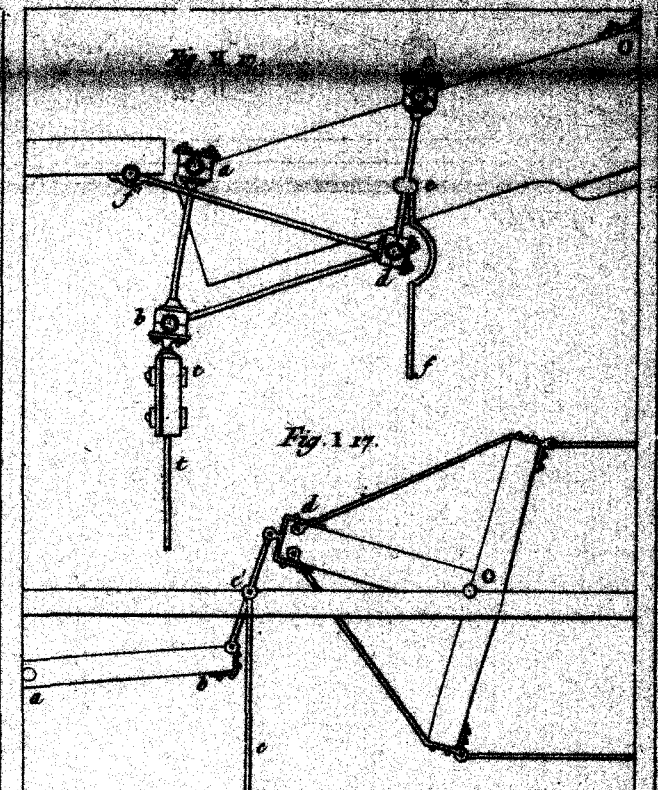


Fig. H 17.

Fig. I 17.

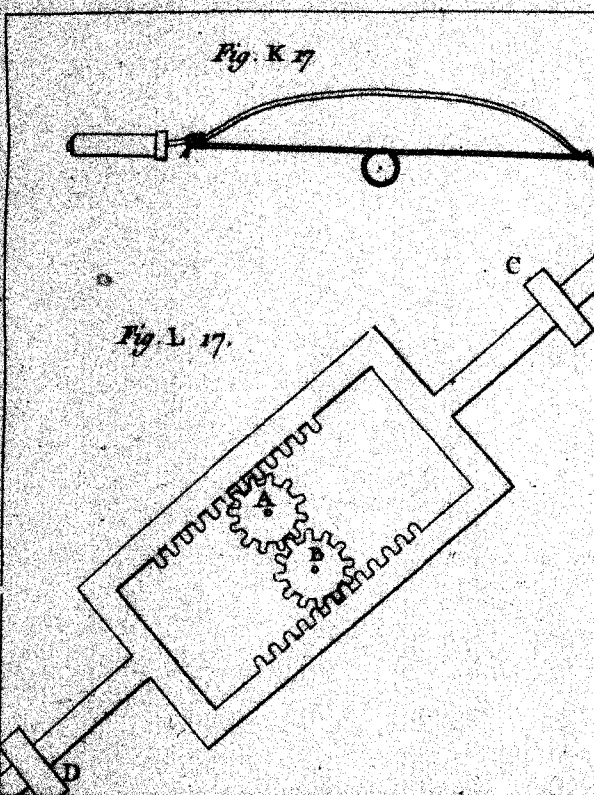


Fig. K 17.

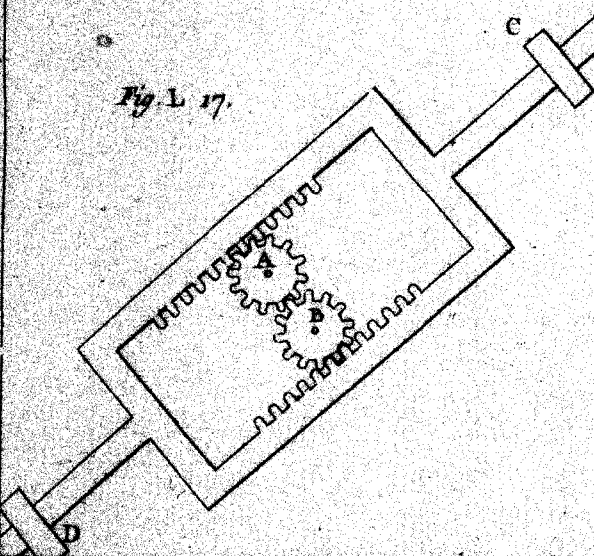


Fig. L 17.

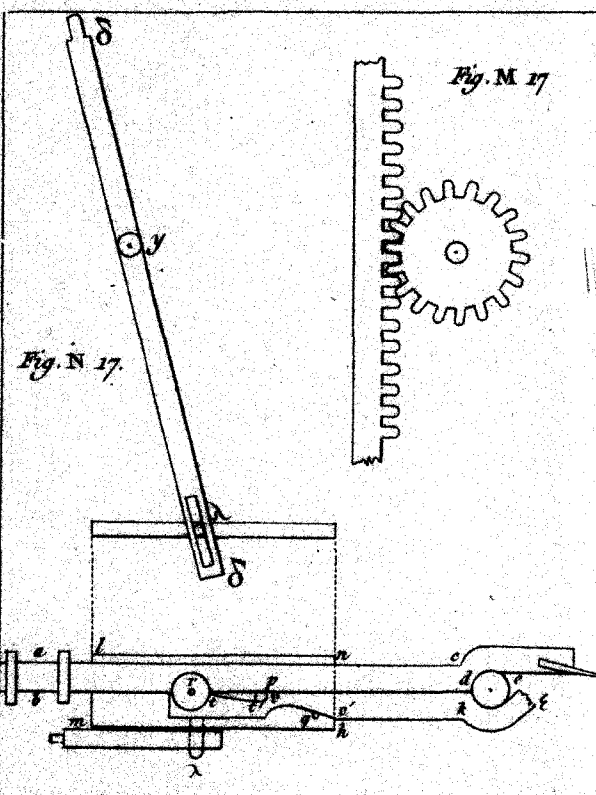


Fig. M 17.

Fig. N 17.

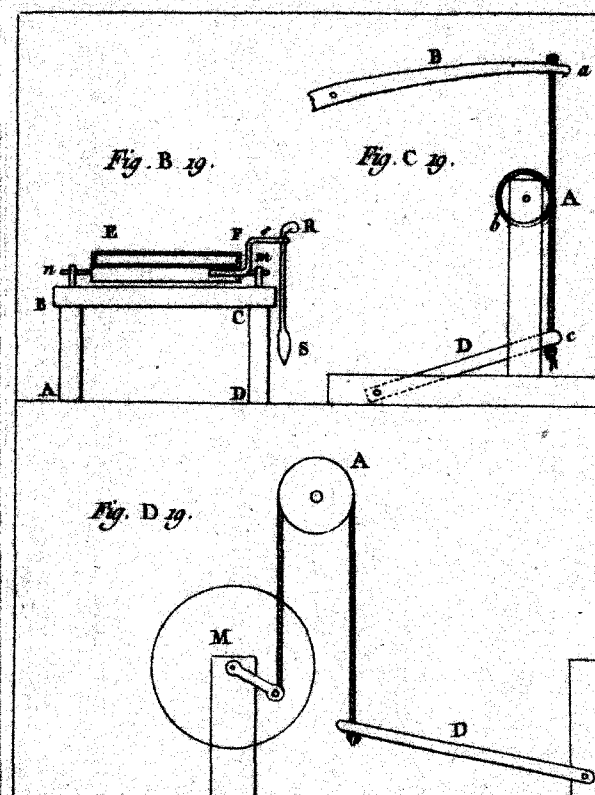


Fig. O 17.

Fig. P 17.

Fig. Q 17.

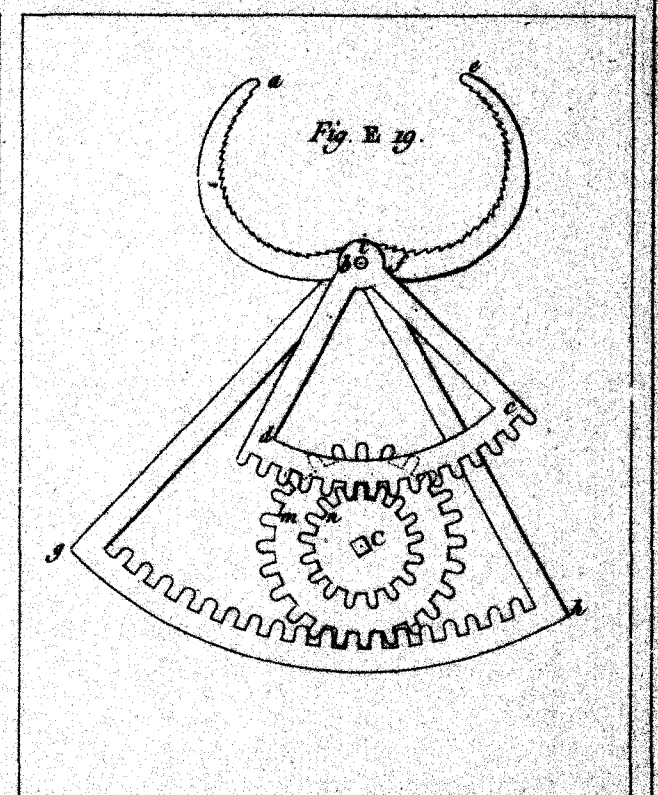


Fig. R 17.

A
g
h

Fig. 19.

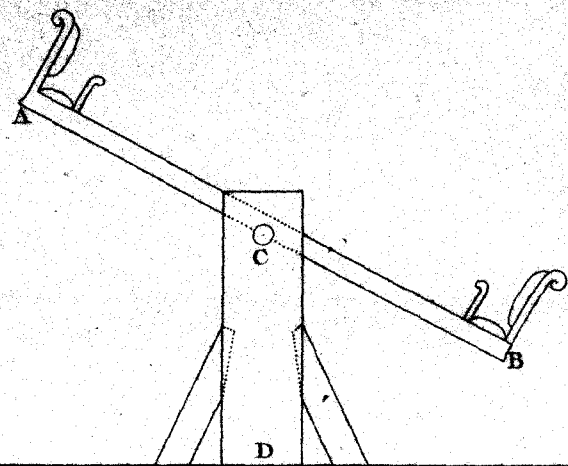


Fig. B 20.

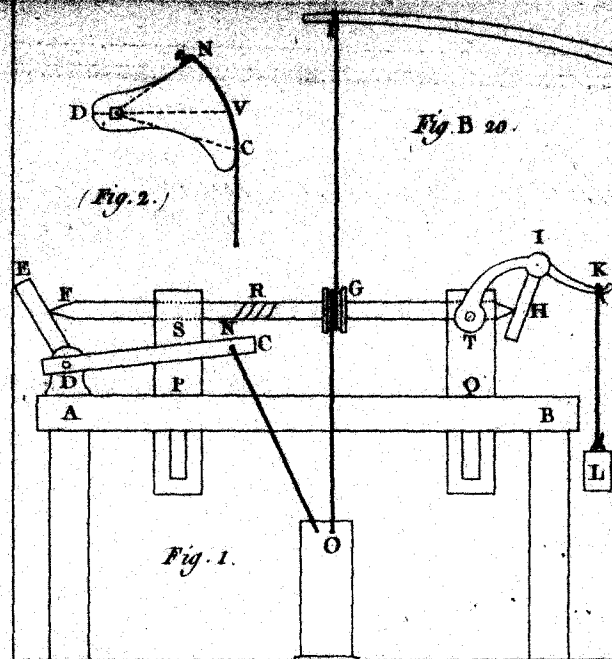


Fig. 1.

Fig. C 20.

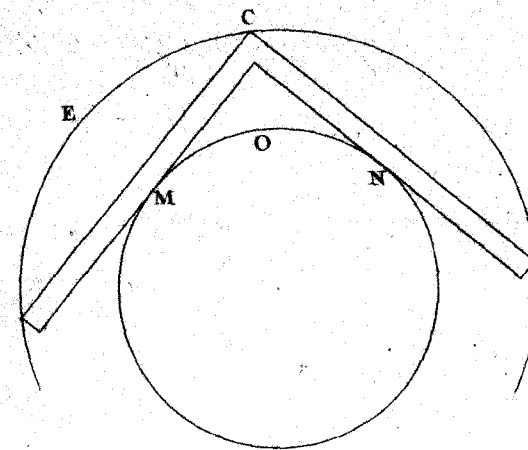


Fig. D 20.

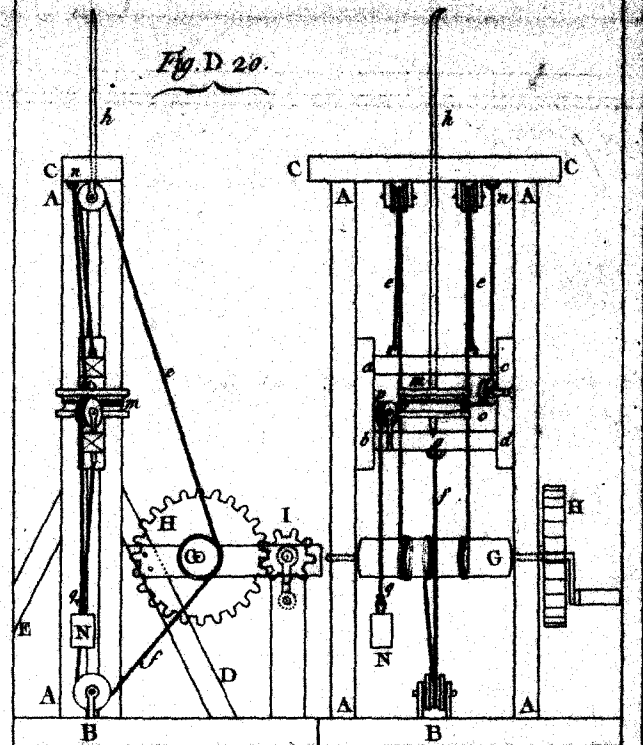


Fig. α

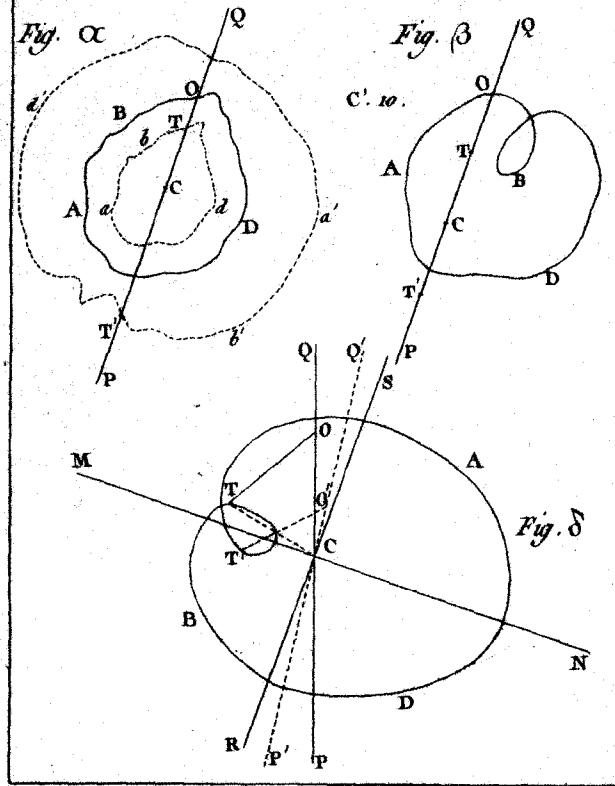


Fig. β

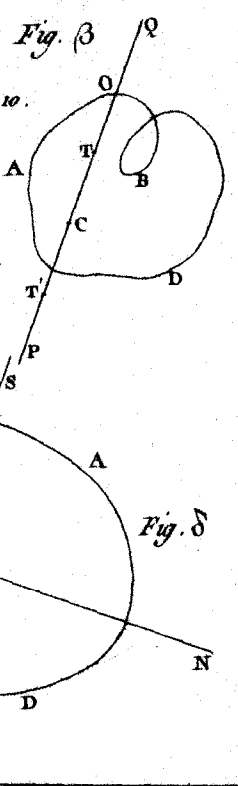


Fig. γ 17

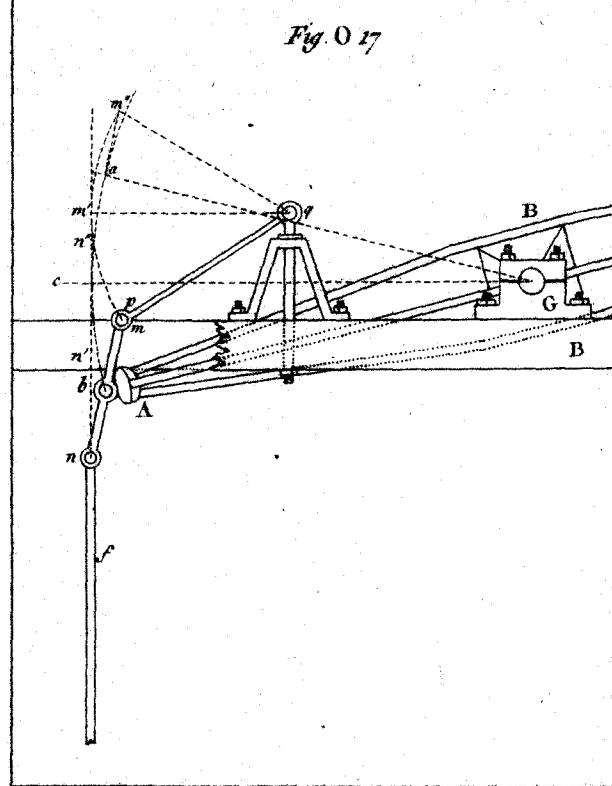


Fig. δ 3

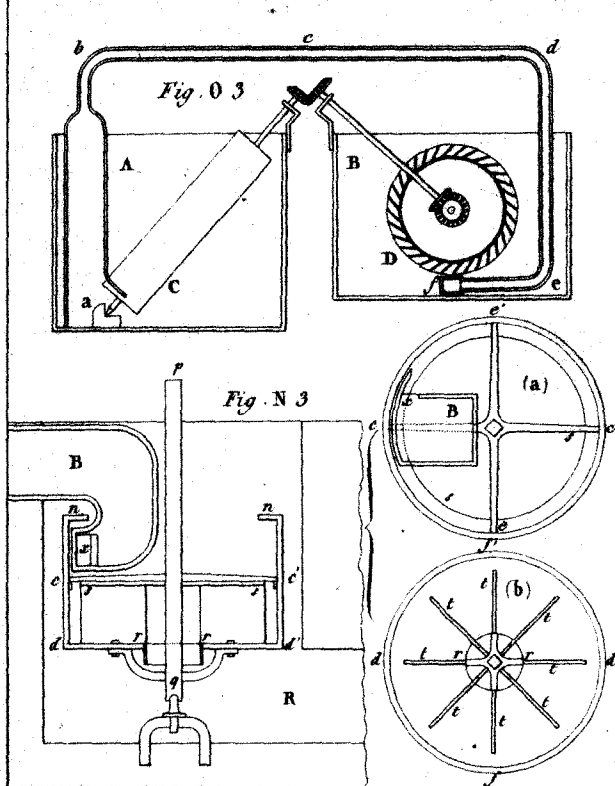


Fig. η 3

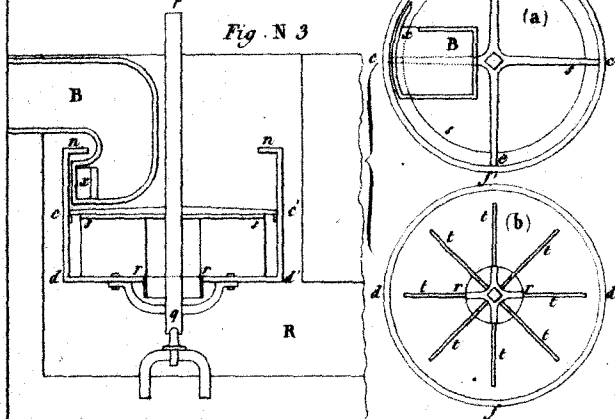
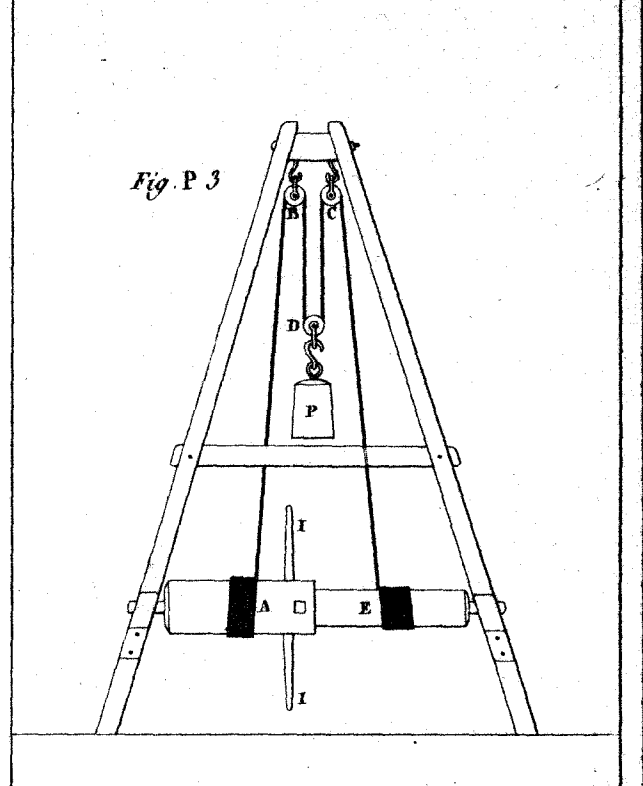


Fig. θ 3



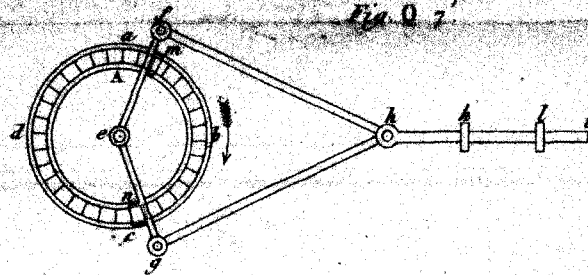


Fig. R 7.

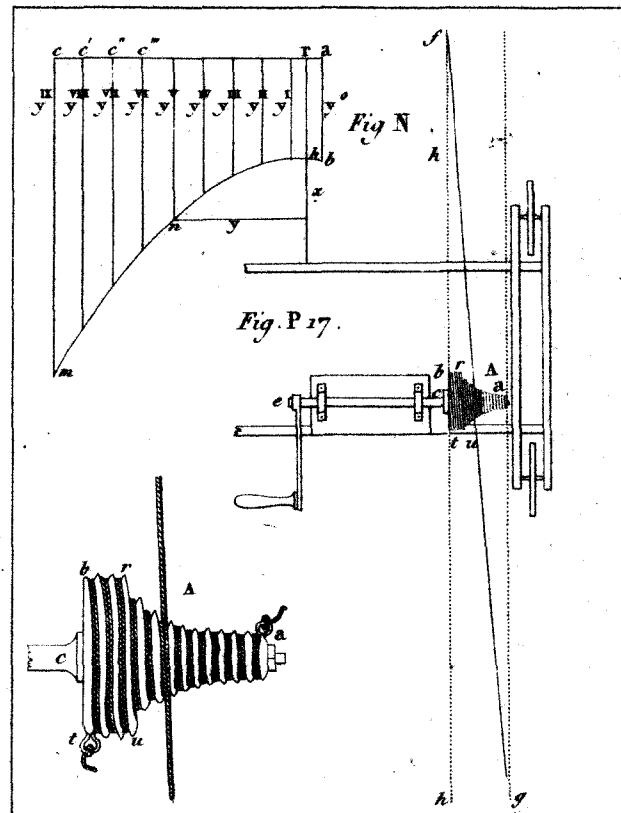
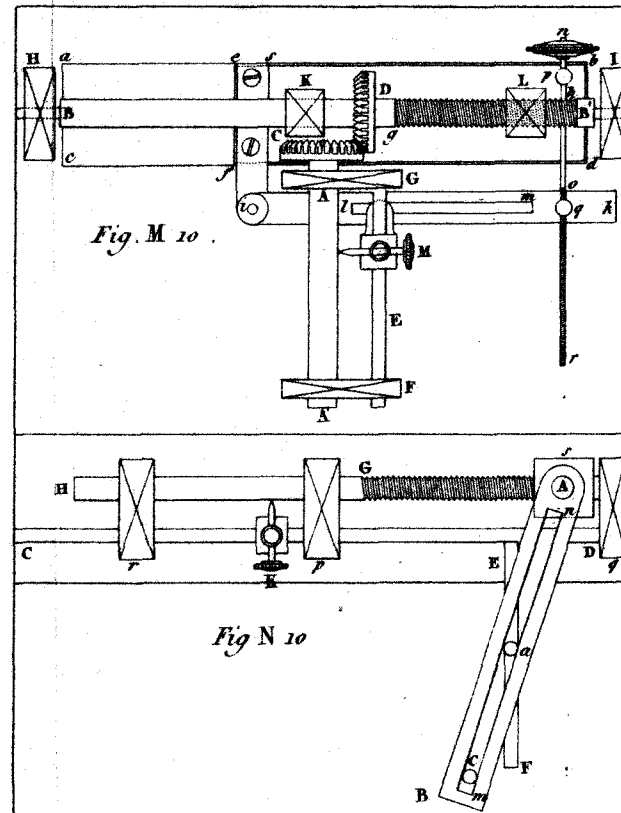
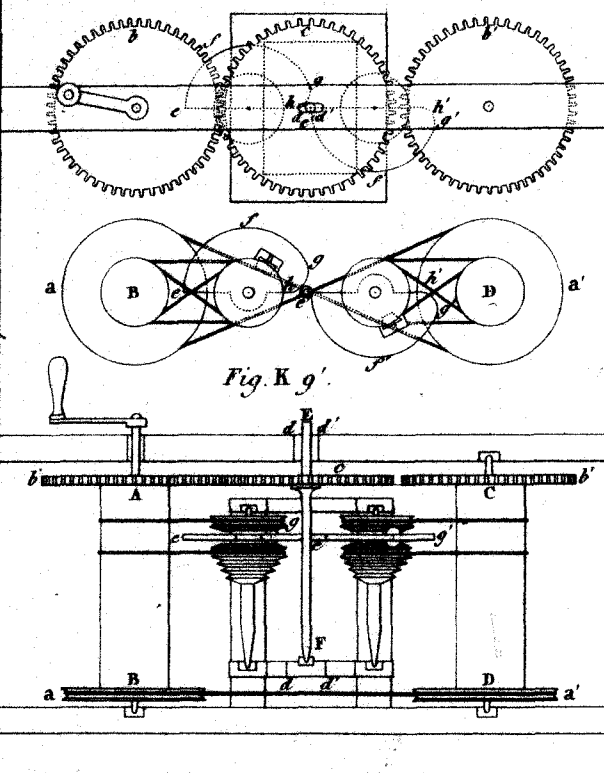
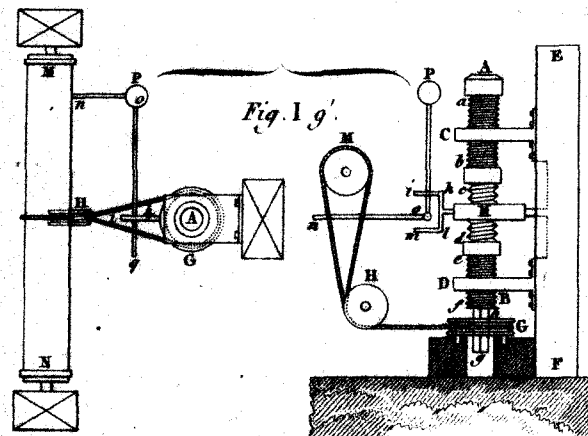
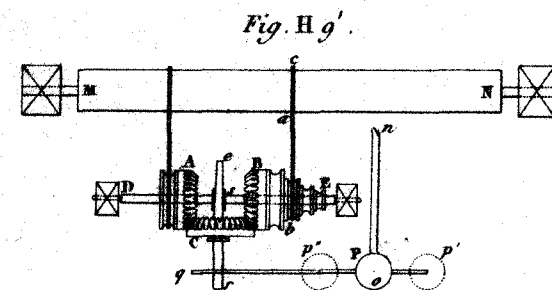
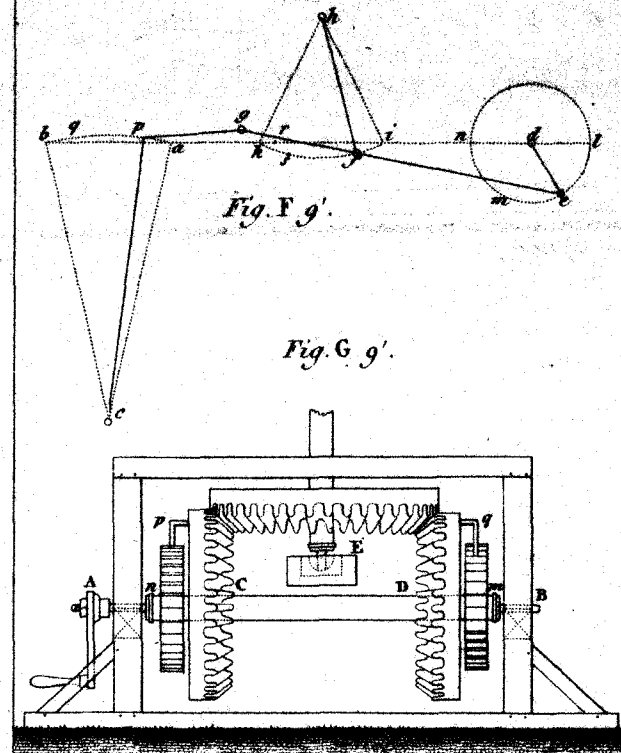
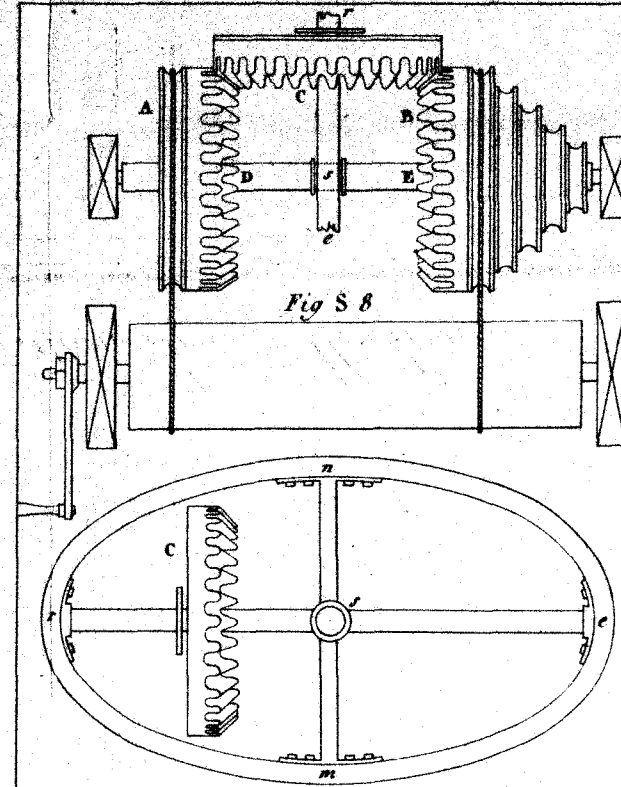
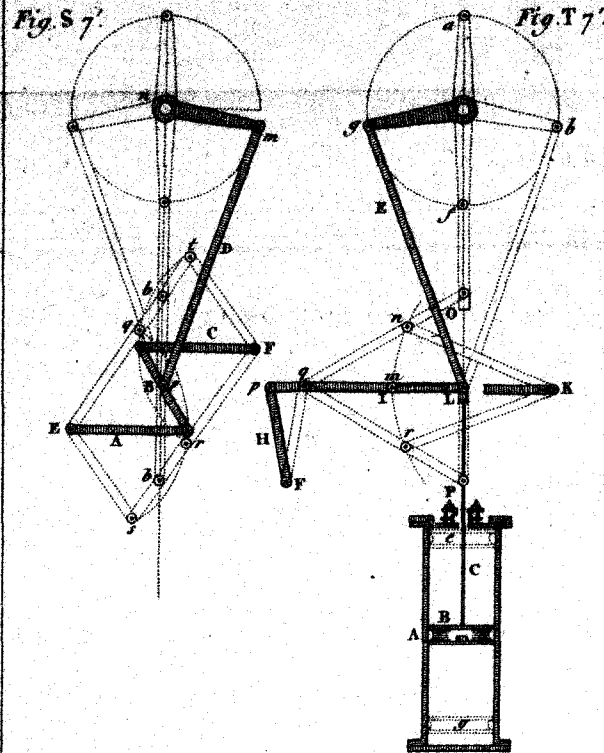
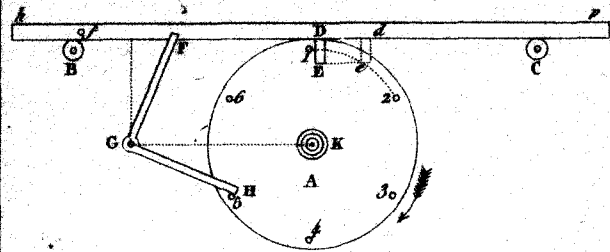


Fig. 1

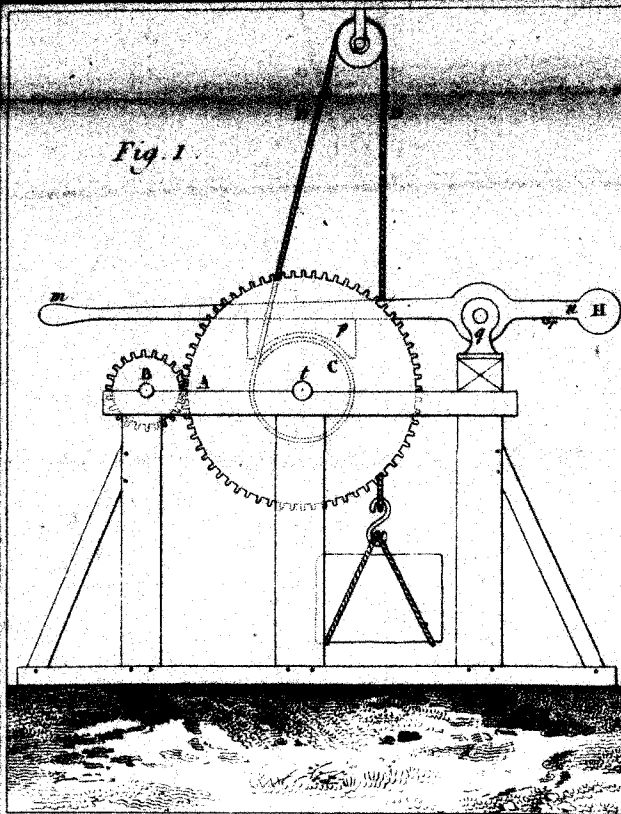


Fig. 2

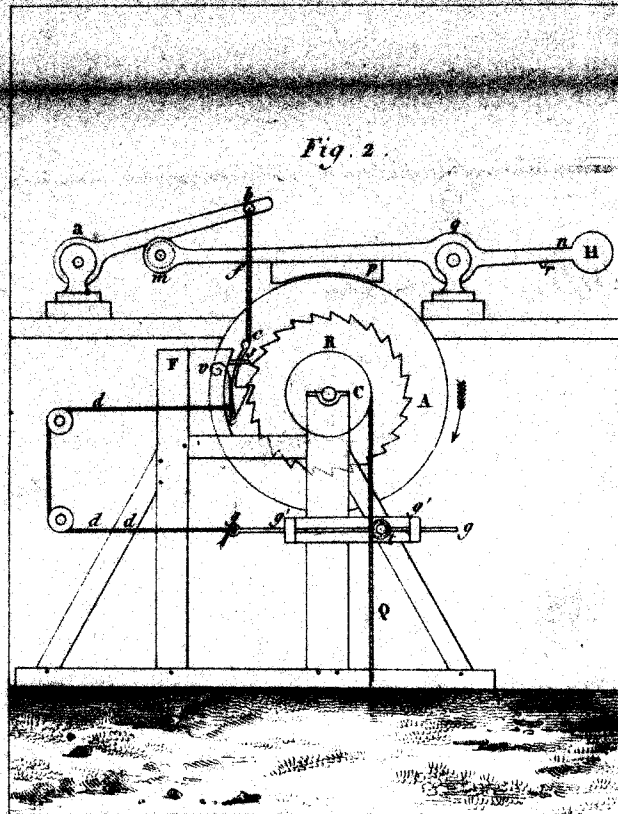


Fig. 3

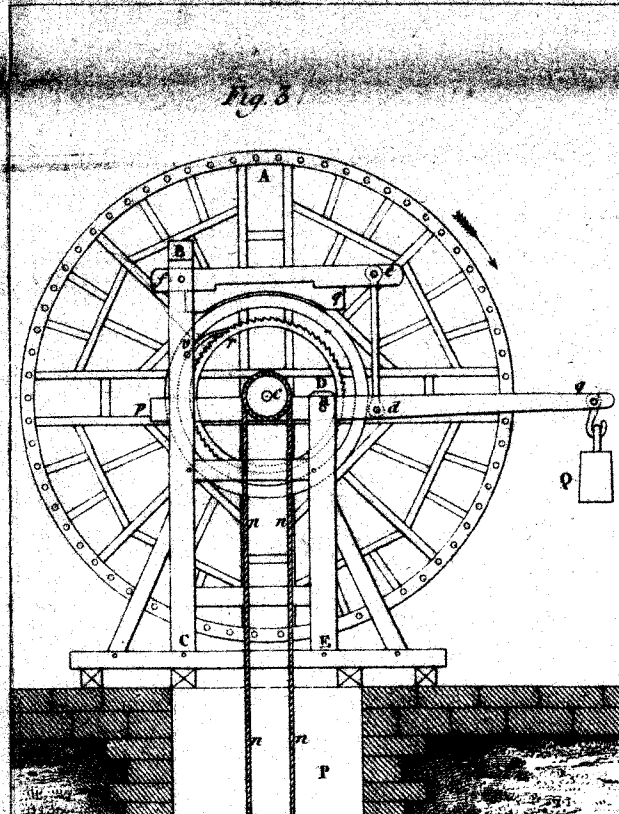


Fig. 4

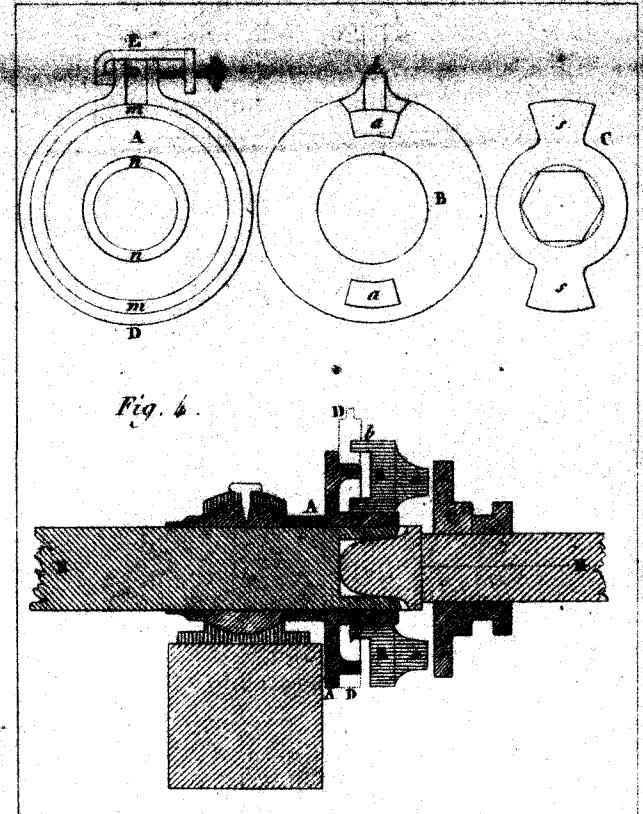


Fig. 5

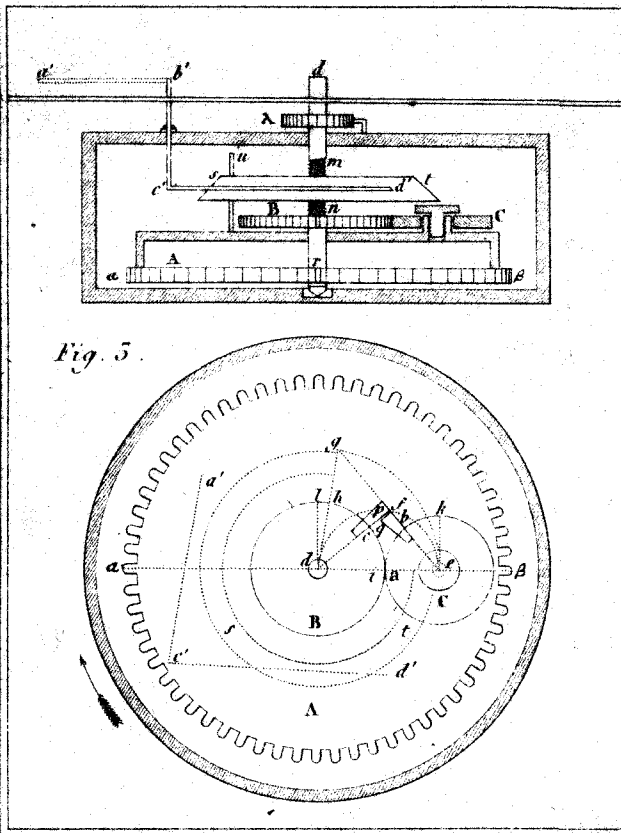


Fig. 6. Elevation N° 5

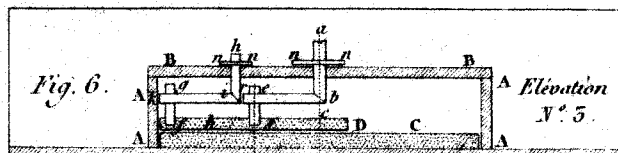


Fig. 6. Elevation N° 2

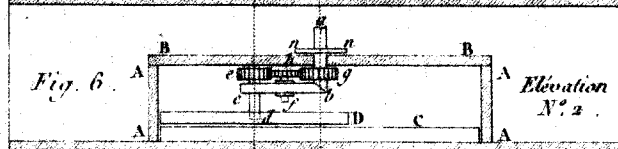


Fig. 6. Elevation N° 1

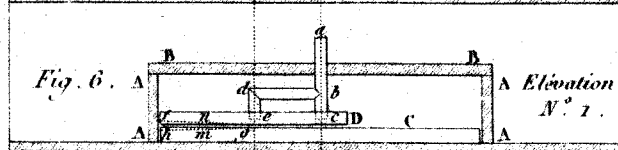


Fig. 6. Plan

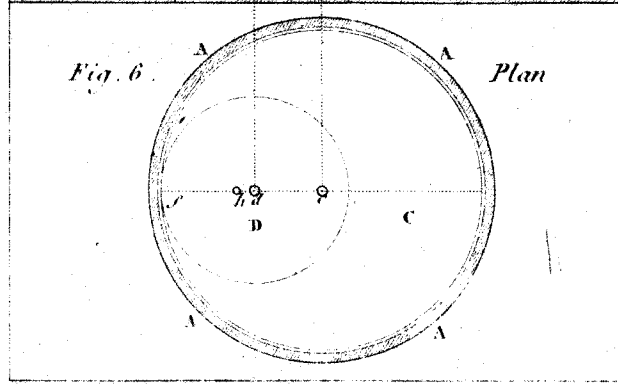


Fig. 7

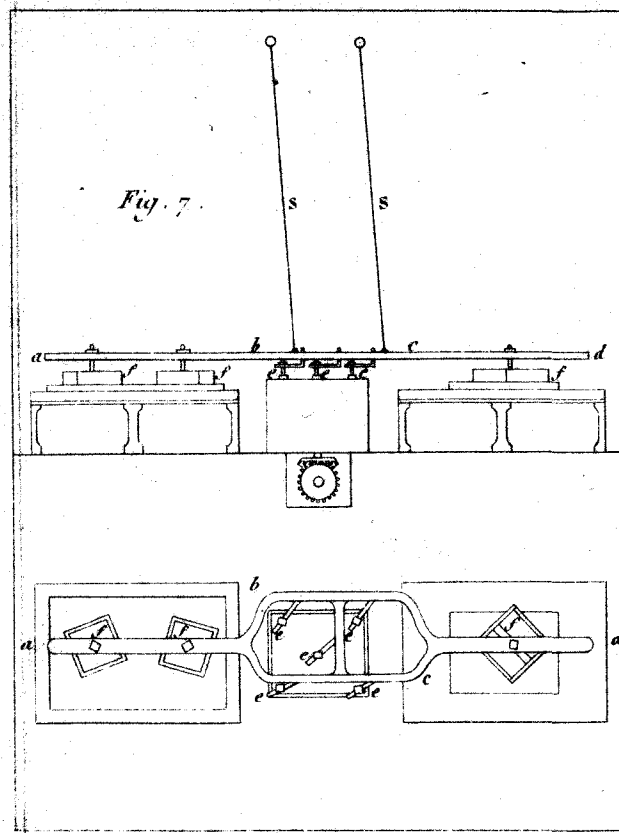


Fig. 8

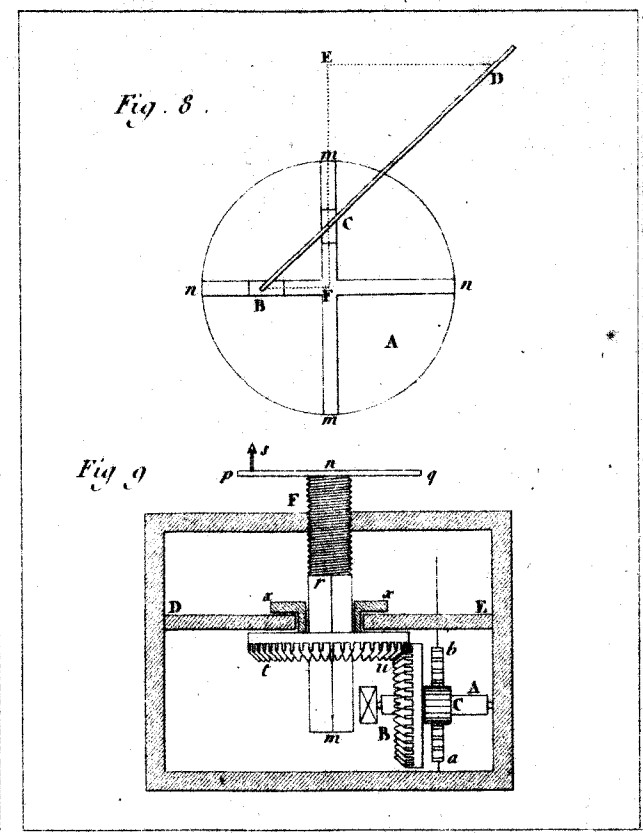


Fig. 9

